Р. Е. ЯРОВ

скоростные поезда

1968 · СЕРИЯ
Новое в жизни, науке, технике
12
транспорт

SHOUT
SHARE
IT

- Ромэн Яров
  -
  - Высокие скорости? Зачем?
  - Скорость — это не только скорость
  - Локомотивы и моторвагонные поезда
  - Комфорт — условие необходимое
  - Остановить вовремя
  - Поездом управляет автомат
  - Воздух — враг и союзник
  - Путь надо готовить
  - Несколько необычных проектов
  - А где же предел?

Ромэн Яров
СКОРОСТНЫЕ ПОЕЗДА

Р. Е. Яров,
инженер

Скоростные поезда

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1968

Взгляд в прошлое

История борьбы за высокие скорости на железнодорожном транспорте существует ровно столько, сколько сам этот транспорт. Ничего удивительного в том нет. Всякий истинный творец — не важно, конструктор он или писатель — стремится, чтоб его произведение не копировало то, что уже имеется, отличалось бы в лучшую сторону. А что может лучше характеризовать паровоз, как не скорость, которую он развивает!

Вот поэтому-то, едва успев появиться, паровоз начал ходить все быстрее и быстрее. Девятый из построенных Стефенсоном паровозов («Планета») развил однажды скорость 50 *км/ч*. А дело происходило в 1830 г.

Несколько лет спустя инженер А. Брюнель построил в Англии дорогу с шириной колеи, равной 2133 *мм*. Он рассчитывал, что более мощные паровозы, созданные для этой дороги, будут мчаться с небывалыми скоростями. Так оно и вышло. Огромный с ведущими колесами диаметром 3048 *мм*, с паровой машиной, расположенной на отдельной тележке, паровоз «Ураган» (рис. 1) в 1839 г. развил на участке в 45 *км* среднюю скорость 160 *км/ч*, правда без поезда. Вероятно, машинист «Урагана» чувствовал себя так, как нынешние космонавты.

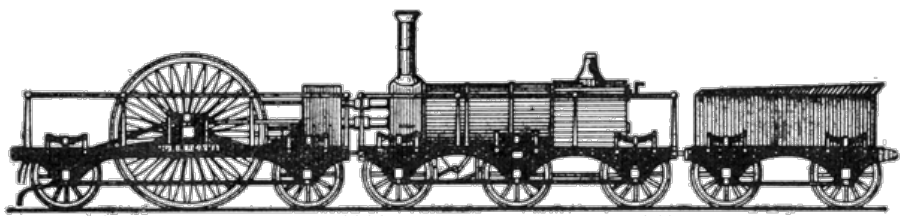

Рис. 1. Паровоз «Ураган». В 1839 г. он развил скорость в 160 *км/ч*.

Другой паровоз «Большой запад», построенный в 1846 г. для этой же сверхширокой колеи, водил курьерские поезда весом 100 *т*, развивая скорость 120 *км/ч*.

Борьба приверженцев узкой «стефенсоновской» (1435 *мм*) и широкой колеи продолжалась около 15 лет. Она не была курьезом из истории техники. Инженеры того и другого направления, пытаясь доказать свою правоту, создавали все лучшие и лучшие конструкции. В конце концов удалось установить, что и на узкой колее паровозы, меньшие по размерам, чем на широкой, могут быть достаточно мощными и быстроходными.

Так как движение по рельсам на больших скоростях вызывает к жизни целый ряд физических явлений, при малых скоростях отсутствующих, уже в 30-е годы прошлого века, начались экспериментальные работы. Ученые исследовала сопротивление воздуха движению поездов, силу сцепления колес с рельсами, осевые нагрузки, устойчивость паровозов. Результаты исследований отражались в конструкциях. Для уменьшения размеров деталей возвратно-поступательно движущиеся части паровоза уравновешивались противовесами. Диаметр колес скоростных паровозов достигал 3000 *мм*. Строили многоцилиндровые машины.

Высоких скоростей на железных дорогах удалось добиться довольно быстро. Но пробеги паровозов со скоростью 160–180 *км/ч* являлись, по существу, спортивным рекордом. Нынешние гоночные автомобили могут мчаться со скоростью до нескольких сот километров в час. Однако обслуживают промышленность скромные рабочие машины. Паровозы, ставившие больше ста лет назад удивительные рекорды, тянули всего один вагон, а то и вовсе ничего не тянули. Сила тяги конструкторов не интересовала, их привлекала лишь скорость. Однако высокая скорость требует очень высокого уровня всего железнодорожного хозяйства, достигнуть которого в то время было невозможно. Но зато конструкторы, стремясь к рекордам, сумели очень значительно усовершенствовать паровоз. А потом скорости его движения повышались постепенно, без резких скачков до тех пор, пока в 30-е годы нашего столетия автомобильный и авиационный транспорт не начал конкурировать с железнодорожным.

В 1931 г. немецкий ученый профессор Визингер, издал в Женеве книжку, которая называлась так: «Проблема экономического высокоскоростного транспорта со скоростью свыше 200 *км* в час при исключении опасности схода с рельсов». Вот что он писал: «Так как недовольство железными дорогами имеет уже 50-летнюю давность, то реформа транспорта должна, наконец, наступить». «Недовольные» предлагали самые разнообразные проекты. Многие из них кажутся ныне прямо-таки чудаческими, вдумываясь в другие, удивляешься проницательности ученых и инженеров. Ключ к высоким скоростям многие инженеры искали в монорельсе — это подтвердилось. Предлагалось также соорудить громадную трубу, выкачать из нее воздух и пустить внутри вагоны. Их должны были притягивать к себе мощные магниты, установленные вдоль всего пути. Идея эта в каком-то варианте ныне возрождается (см. главу «Несколько необычных проектов»). А вот другое предложение: поскольку земля круглая, прорыть тоннель-хорду между Москвой и Ленинградом и пускать там поезда. Первую половину пути они будут двигаться за счет земного притяжения, вторую — по инерции.

Были проекты поезда на шарах вместо колес, поезда-самолета, поезда с пропеллером. Все это заслуживает особого разговора. Для нас же интересны те проекты, которые связаны с обычным двухрельсовым путем. Многолетняя работа инженеров и ученых в этой области привела их к выводу, что конструктивного изменения пути не требуется, а нужно лишь усилить его верхнее строение и увеличить радиусы кривых. Будучи избавленными от необходимости разрабатывать конструкцию пути, инженеры

обратили свое внимание на подвижной состав. В предвоенные годы появилось несколько удачных вариантов, использовавшихся в эксплуатации.

В 1931 г. вагон-дирижабль (он был снабжен воздушным винтом) показал на участке Гамбург — Шпандау скорость 206 *км/ч.* Этот вагон (он назывался «Летучий Гамбуржец») совершал регулярные рейсы Гамбург — Берлин со средней скоростью 160–180 *км/ч.*

Американский трехвагонный дизель-поезд (мощность двигателя 600 *л. с.)* был рассчитан на максимальную скорость 180 *км/ч.* Имелись скоростные поезда и в других странах. Вторая мировая война, естественно, прервала все работы.

В нашей стране история скоростного движения также насчитывает не один десяток лет. Правда, специальным приказом при вводе в эксплуатацию первой русской железной дороги Петербург — Москва предельная скорость пассажирских поездов была установлена равной 37,5 *км/ч.* Но нелепое это ограничение, конечно, не могло продержаться долго. Рос грузооборот, росли пассажирские перевозки — русские инженеры начали создавать локомотивы, способные развивать очень высокую скорость. Сормовский завод в 10-х годах вашего столетия выпускал паровозы серии С — очень удачные конструктивно. Один такой локомотив с составом в девять четырехосных вагонов прошел 6 октября 1913 г. расстояние от Петербурга до Москвы за 7 *ч* 59 *мин.* Максимальная скорость в этой поездке равнялась 125 *км/ч.*

Несколькими годами позже Путиловский завод в Петрограде построил паровоз серии Л — самый мощный дореволюционный пассажирский паровоз. Он мог развивать скорость до 120 *км/ч* и использовался как курьерский. Конструктивная скорость выпускавшегося до Великой Отечественной войны паровоза другой серии С равнялась 115 *км/ч.*

В предвоенные годы наши конструкторы много и упорно работали над созданием локомотивов специально для скоростного движения.

К 7 ноября 1937 г., XX — годовщине Великой Октябрьской социалистической революции, Коломенский машиностроительный завод создал первый паровоз типа 2-3-2 с конструктивной скоростью 130 *км/ч.* К маю 1938 г. была выпущена вторая такая машина.

29 июня 1938 г. паровоз типа 2-3-2 с поездом в 14 осей развил скорость 170 *км/ч.* Предполагалось построить для Октябрьской железной дороги десять таких паровозов. Война помешала этому намерению. Быстроходные паровозы типа 2-3-2

строил и Луганский паровозостроительный завод имени Октябрьской революции. В 1938 г. этот завод выпустил паровоз, который обтекаемостью формы напоминает нынешние скоростные локомотивы (рис. 2).

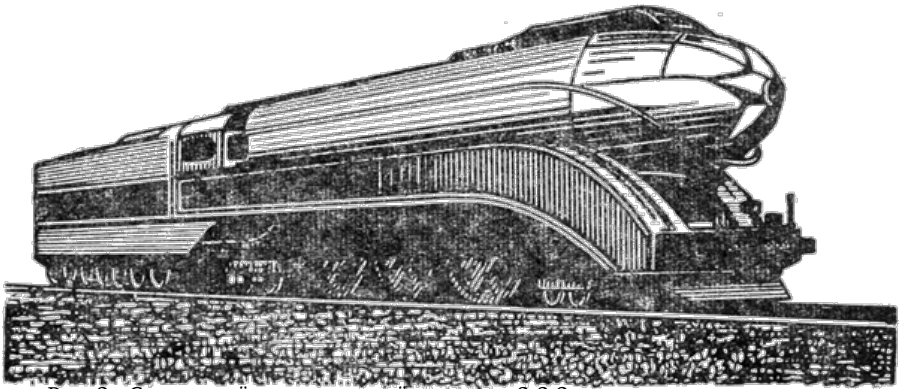

Рис. 2. Скоростной пассажирский паровоз 2-3-2 в предвоенные годы развивал скорость 180 *км/ч.*

Он развивал при испытаниях скорость 180 *км/ч.* На обоих заводах инженеры и рабочие накопили большой опыт в создании скоростных локомотивов.

Высокие скорости? Зачем?

После второй мировой войны скорость движения поездов постепенно возрастала. Но только в последние десятилетия проблема повышения скорости стала для железнодорожного транспорта ведущей — и в СССР и в капиталистических странах, правда, по разным причинам. Грузонапряженность наших железных дорог не имеет себе равных в мире — повышение скоростей должно резко увеличить их пропускную способность.

Пионером в повышении скоростей была Октябрьская железная дорога. События развивались поэтапно. В 1955–1957 гг. скорость на отдельных участках поднялась до 100 *км/ч*, а путь из Москвы до Ленинграда занимал 9 *ч* 30 *мин.* Тяга была паровозная. В последующие годы (1958–1959) паровозы были заменены тепловозами ТЭ7, которые выпускал Харьковский завод транспортного машиностроения имени В. А. Малышева. Конструктивная скорость их равнялась 140 *км/ч.* Ходовые скорости увеличились до 120 *км/ч,* а «Красная стрела» стала преодолевать путь от Москвы до Ленинграда за 7 *ч* 55 *мин.* В 1960 г. «Дневной экспресс» прошел расстояние от Москвы до Ленинграда за 6 *ч* 20 *мин.* Некоторое время на линии Москва — Ленинград работали тепловозы ТЭП60 с конструктивной скоростью 160 *км/ч.*

В 1963 г. тепловозы ушли с этой линии. На смену им пришли электровозы ЧС2, построенные в Чехословакии специально для движения с высокими скоростями. Эти локомотивы с поездами развивали скорость до 160 *км/ч,* а время в пути от Москвы до Ленинграда уменьшилось до 5 *ч.* 22 *мин.* Но это еще не было пределом возможностей ЧС2. В марте 1966 г. поезд с локомотивом ЧС2 м развил в опытной поездке скорость 205 *км/ч.* Вот отрывок из репортажа «Аврора набирает скорость», опубликованного в «Известиях» 14 июня 1967 г.

«…Мы тронулись в путь в 6 часов 45 минут утра, а через 4 часа 59 минут, сменив в Бологом электровозную бригаду, поезд подкатил к перрону Московского вокзала.

„Аврора“ — экспресс, который должен в скором будущем связать Москву и Ленинград скоростной и комфортабельной нитью… „Аврору“ можно узнать по звуку. В тамбурах слышится не перестук колес, а резкий свистящий шелест, очень похожий на звук реактивного двигателя. Аналогия с авиацией напрашивается и тогда, когда сидишь в вагоне в удобном самолетном кресле: бесконечная лента путевого пейзажа разматывается настолько быстро, что кажется, будто колеса „Авроры“ скользят не по

рельсам, а по бесконечной взлетной полосе. С набором скорости состав, как мне показалось, движется еще плавней…».

С лета 1968 г. поезд «Аврора» совершает регулярные рейсы между Ленинградом и Москвой. Подвижной состав его, однако, не создан специально для сверхскоростного движения. Тот же электровоз и те же вагоны, что применяются и для обычных рейсов — правда, с некоторыми улучшениями — дисковыми тормозами, противоюзными устройствами и т. д. А специальный поезд для сверхскоростного движения создается сейчас на Рижском вагоностроительном заводе. Он будет называться ЭР-200. Индекс этот расшифровывается так: электропоезд рижский, рассчитанный на скорость 200 *км/ч*. Это будет моторвагонный состав. Кстати, моторвагоны для междугородных сообщений пока еще в нашей стране не применялись. Они выгоднее, чем состав с одним или даже двумя локомотивами. Чтобы развить необходимую для скоростного движения мощность, локомотивы должны быть очень тяжелы. Получается большая осевая нагрузка. А если вес двигателей распределяется по всем или многим осям поезда, нагрузка на рельсы будет значительно меньше.

Рижский поезд должен состоять из 14 вагонов — двух головных с кабинами машинистов и 12 моторных. Длина вагона будет равняться 26 *м* (вместо 19 и 24,5 *м* сегодня). 68 пассажиров такого вагона, коротая время в беседе или любуясь пейзажами, не заметят, как пролетят 4 *ч* после старта в Москве и поезд остановится у перрона в Ленинграде.

Над созданием скоростного поезда работает Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта, Всесоюзный научно-исследовательский институт вагоностроения и многие другие организации.

Вполне понятно, что прежде чем пускать скоростные поезда на линию, нужны широкие технические эксперименты, С этой целью под Майкопом построен специальный скоростной полигон.

В капиталистических странах обстоятельства, заставляющие повышать скорость железнодорожных поездов, несколько иные.

Айзек Азимов, знаменитый американский писатель-фантаст, много работающий и в области научно-популярного жанра, высказывает в своей статье «Жизнь в перенаселенном мире» такие предположения по поводу тенденций развития науки и техники. Азимов пишет о том, как, по его мнению, человечество будет жить в 1990 т. Одна из маленьких главок статьи называется «Конец железных дорог»… «Железные дороги выйдут из употребления, и сообщение между городами будет осуществляться посредством грузовиков и автобусов, которые достигнут небывалых размеров и

бесконечного разнообразия форм».

Пессимизм в отношении будущего железных дорог имеет под собой почву. В США средняя дальность воздушного перелета пассажира составляет 1047 *км,* поездки на автобусе — 137 *км,* по железной дороге — 157 *км.* Под мощным натиском авиации и автомобилей роль железных дорог как пассажирского транспортного средства уменьшается. Да и грузы все больше и больше принимают на свои «широкие плечи» автотягачи. Железные дороги одно время стали считать как бы устаревшим средством транспорта. За двадцать лет после окончания второй мировой войны в развитие и усовершенствование железнодорожной техники США государством было вложено 16 млрд, долларов, а в строительство автомобильных дорог, портов, аэродромов, каналов — 100 млрд. долларов. Некоторые железные дороги в США и других капиталистических странах начали закрываться, будущего для этого вида транспорта вроде бы не предвиделось. Но тут выявилось одно поразительное обстоятельство, которое вряд ли кто мог предугадать. Массовое развитие автомобильного транспорта оказалось одной из причин, по которой потребовалось развивать транспорт железнодорожный — но уже на более высоком техническом уровне. Это прежде всего означает более высокие скорости передвижения. Еще одна цитата из статьи Азимова звучит так: «…Северо-восточное побережье США будет представлять собой один сплошной, вытянутый в длину город, насчитывающий примерно 40 миллионов душ».

Поселение такого типа получило в литературе название «Мегалополис». Не нужно ждать 1990 г., чтобы увидеть, как оно выглядит. Между Бостоном и Вашингтоном на территории, занимающей всего 1,4 % площади США, живет 37 % населения страны. Этот район, или другой район такого же рода — Осака — Токио в Японии, как раз и представляют собой сплошь заселенные участки протяженностью в несколько сот километров. Но ведь по ним надо передвигаться. А как? В автомобилях? Массовое применение их производит к заторам на улицах, отравлению воздуха выхлопными газами, катастрофам. Все это стало национальным бедствием для США. А самое главное, частные автомобили не в состоянии обеспечить массовых перевозок. Только одна железная дорога может «справиться» с таким количеством пассажиров, для перевозки которого на автомобилях нужно 23–25 шоссейных дорог. И этот очень веский аргумент в пользу железных дорог сыграл свою роль.

4 января 1965 г. в послании конгрессу президент Джонсон говорил о конкуренции между различными видами транспорта и

потребовал денег для исследовательских работ по развитию сверхскоростных железных дорог. Первой линией такого рода должна была стать магистраль Бостон — Вашингтон протяженностью 735 *км,* получившая название «коридор Север — Восток».

Почему речь может идти только о высоких скоростях? Да очень просто. Ведь именно скорость — это, фигурально выражаясь, та перчатка, которую авиация бросила железным дорогам. Конечно, догнать реактивные самолеты по скорости никакие поезда не смогут. Но сделать путешествие на не слишком большое расстояние быстрым, приятным, неутомительным — вполне смогут. Созданное при министерстве транспорта специальное управление сверхскоростного движения заключило с Массачусетским политехническим институтом контракт на исследовательские работы по сверхскоростному транспорту.

Эскизный проект подвижного состава, предложенный фирмой «Бадд», предусматривал максимальную скорость движения поездов 200 *км/ч* и среднюю — 145 *км/ч.* Время в пути вместо нынешних 8,5 *ч* должно было бы составить 5 *ч.* Этого показалось мало, проектную скорость увеличили до 320 *км/ч,* а время в пути уменьшилось до 4 *ч* (с четырьмя остановками). С осени 1967 г. между Бостоном и Нью-Йорком совершают регулярные рейсы поезда о газотурбинным локомотивом. Их скорость 256 *км/ч.* Вскоре такие же поезда будут ходить между Нью-Йорком и Вашингтоном. Газотурбинные поезда предполагается ввести в Канаде на линии Монреаль — Торонто. Расстояние 539 *км* они будут проходить за 4 *ч.*

Пожалуй, наиболее типичным примером современной скоростной магистрали является линия Осака — Токио. Она соединяет два крупных города Японии. Здесь, в этом районе, находится около трех четвертей промышленных предприятий страны и живет почти половина ее населения — 40 млн. человек. Еще в 90-х годах прошлого века эти города были соединены двухпутной линией с шириной колеи 1067 *мм.* Она составляла (в начале 60-х годов нашего века) всего 3 % (556,4 *км)* от общей длины железных дорог Японии. Но зато четверть грузовых перевозок страны приходилась на долю Токайдо (так называлась эта линия). 150 пар грузовых и пассажирских поездов каждый день — и все равно места в вагонах брались с бою. Сначала решено было построить автостраду Осака — Токио, но потом увидели, что только этим обойтись нельзя.

В 1959 г. началось сооружение новой скоростной двухпутной электрифицированной магистрали по тому же маршруту. Она несколько короче старой — ее длина 515,3 *км* и имеет

стандартную колею. Новая дорога была открыта 1 октября 1964 г. — как раз к Олимпиаде в Токио. Двенадцативагонные супер-экспрессы преодолевают расстояние 515 *км* за 3 *ч*; обычные экспрессы на той же линии — за 4 *ч.* 80 рейсов в сутки — этого вполне достаточно для того, чтобы совершенно разгрузить от пассажиров старую линию. Теперь по ней ходят только грузовые и пригородные поезда.

Железная дорога приняла вызов авиации — с тех пор, как линия Новая Токайдо введена в действие, авиалиния Осака — Токио сразу же потеряла больше чем 20 % пассажиров. 13 июля 1967 г. на линии Новая Токайдо зарегистрирован стомиллионный пассажир. Уже разработан проект строительства сверхскоростных магистралей, связывающих Токио с другими городами Японии. Их общая протяженность 4000 *км,* а поезда будут ходить со скоростью 250 *км/ч.* Открыть движение на этих линиях намечено к 1985 г.

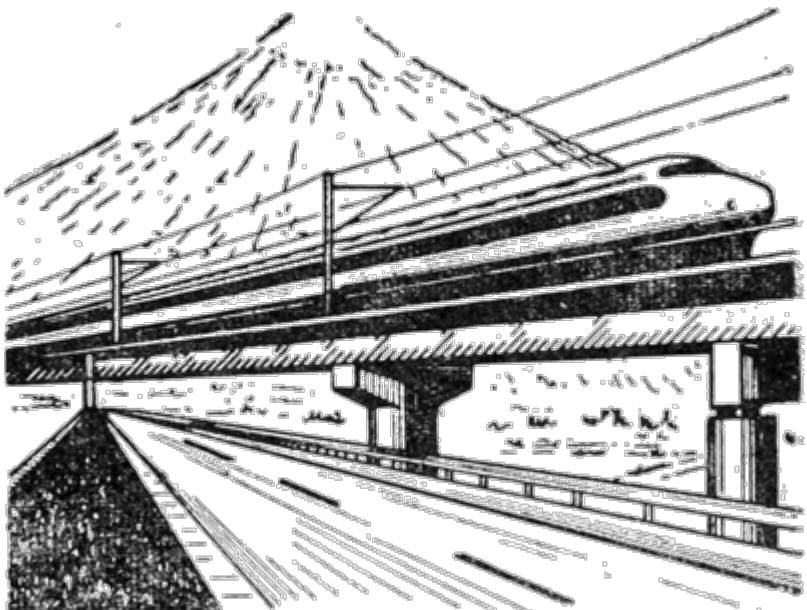

Рис. 3. Так выглядит скоростная дорога «Новая Токайдо».

Стараются не отстать и французы. С лета 1967 г. между Парижем и Тулузой курсирует поезд, максимальная скорость которого достигает 200 *км/ч.* За месяц скоростной поезд перевозит на 35 % больше пассажиров, чем старый, курсировавший по той же линии. В ближайшем времени точно такой же поезд должен выйти на линию Париж — Лион. По скоростным грузовым перевозкам Франция стоит на одном из ведущих мест в мире. Еще в 1962 г. поезд, перевозящий фрукты и

овощи в Париж, мчал свой нежный товар со скоростью 120 *км/ч*. С лета 1967 г. между Парижем и Марселем открыто скоростное движение грузовых поездов. Расстояние в 864 *км* экспресс проходит со скоростью 100 *км/ч*.

Насколько велики успехи Франции в области сверхскоростного движения, говорит тот факт, что именно в этой стране построены наиболее известные скоростные электровозы серии ВВ9200, СС40100, ВВ9400. Пятивагонный поезд с электровозом серии СС40100 развил на испытаниях скорость 220 *км/ч*, а с электровозом ВВ9291 — 250 *км/ч*. Франции принадлежит и рекорд скорости. В 1955 г. французские электровозы показали скорость 331 *км/ч*.

Есть скоростные линии и в ФРГ. Поезд Мюнхен — Аугсбург во время международной выставки в 1966 г. развивал скорость 200 *км/ч*. Электровоз ЕО3 для этого поезда тоже очень известен.

Существует любопытный проект создания скоростной сверхмагистрали Мюнхен — Гамбург. Грузовые поезда, движущиеся по ней, должны перевозить грузовые автомобили, чтобы уменьшить их поток на дорогах. Скорость поездов будет составлять 200 *км/ч*. Для грузовых перевозок это неслыханно. Вот в таких условиях железная дорога реализует свои преимущества над конкурентами. Поезда превосходят автотранспорт по скорости движения, авиацию — по рентабельности (в ближнем сообщении); а обоих — по надежности, безопасности, независимости от погоды.

В Англии скоростное движение по электрифицированной линии Лондон — Бирмингем — Ливерпуль — Манчестер позволило увеличить объем пассажирских перевозок на 66 %.

В Италии проводятся опытные поездки со скоростью до 200–225 *км/ч*. На линии Милан — Болонья отдельные перегоны поезд проходит со скоростью до 200 *км/ч*.

Скорость — это не только скорость

По современной терминологии обычным для пассажирских поездов считается движение при скорости до 100 *км/ч,* скоростным — от 101 до 140, сверхскоростным — от 141 *км/ч* и выше (для грузовых соответственно до 80 *км/ч,* от 81 до 100 и от 101 до 120 *км/ч*).

И высокие, и сверхвысокие скорости могли развивать паровозы, которые строились очень давно. И если бы дело было только в том, с какой быстротой может двигаться локомотив, задача сверхскоростного движения давно бы была решена. Но она значительно глубже и сложнее, и является не столько технической, сколько экономической. Поезд движется по искусственному сооружению — железной дороге. В этом его достоинство — движение не зависит от погоды, как например в авиации. Но в этом же и недостаток. Естественная среда дает возможность самолету перемещаться в огромном диапазоне скоростей. Искусственный путь очень цепко держит поезд в определенных рамках. В чем это выражается?

Тепловозу ТЭ7 с пассажирским поездом весом 800 *т* потребуется всего 6 *мин* и участок длиной 13 *км,* чтобы увеличить скорость от 100 до 140 *км/ч.* Но на этом перегоне могут встретиться стрелки или кривая небольшого радиуса — и тогда прощай набранная скорость. А это значит, что на старых дорогах, рассчитанных совсем на другие условия движения, удается повышать скорость лишь на перегонах, а на станциях, где много стрелочных переводов, и на кривых скорость придется снижать.

Играют роль и соображения безопасности. Еще в начале нашего века немец Август Шерль, изучавший скоростное движение, писал: «Прохожий не успеет дочитать до конца вывешенное объявление, предупреждающее об опасности, как, сильная струя воздуха от быстро несущегося поезда снесет или отбросит его в сторону». Вот поэтому считается, что по обычным линиям, где ходят и грузовые, и пассажирские поезда, повышать скорость последних можно лишь до 160 *км/ч.* А движение с еще более высокими скоростями — 200–250 *км/ч* — можно осуществлять на специально построенных (или выделенных из существующих) дорогах.

Условие это весьма суровое, особенно для нашей страны, где скоростные поезда идут по тем же дорогам, что и грузовые, причем последние весьма интенсивно. Японцы на такое условие пошли: очевидно, для их страны это оправдано, хотя расходы при этом были колоссальны. Капиталовложения в строительство

линии Новая Токайдо составили около 955 млн. рублей. Для того, чтобы все пересечения с другими видами транспорта были на разных уровнях, пришлось построить насыпь высотой около 6-*7 м,* соорудить около 3 тыс. мостов и путепроводов общей длиной 74,8 *км,* 114 *км* железобетонных эстакад, 66 тоннелей общим протяжением 67 *км.*

Такова цена, которую приходится платить за сверхвысокие скорости. Оправдана ли она? Результаты эксплуатации линии Осака — Токио за первые годы говорят о том, что расходы, возможно, удастся окупить в 20 лет. Это большой срок. И нужно ли идти именно по такому пути — строить специальные дороги? Технически эта проблема ясна — о том, когда нужно строить специальные дороги, а когда можно обойтись существующими, говорится в главе и «И путь надо готовить». Остается проблема экономическая. Для разных стран, для разных условий ответ на вопрос «строить или не строить?» может быть различен. Пока перейдем к вопросу о том, каким должен быть подвижной состав для движения с высокими и сверхвысокими скоростями.

Локомотивы и моторвагонные поезда

Высокоскоростное движение предъявляет к конструкции локомотивов весьма серьезные требования. Прежде всего это должны быть очень мощные машины. Для того, чтобы преодолеть одно лишь сопротивление движению при скорости в 225 *км/ч,* нужна мощность примерно в 3 раза, а при 300 *км/ч* в 7 раз большая, чем при скорости 160 *км/ч.* Современные скоростные электровозы и тепловозы являются весьма могучими машинами. Французский электровоз СС40100, который может развивать до 240 *км/ч,* имеет длительную мощность 3670 *квт* (5020 *л. с.*); шесть тяговых двигателей западногерманского электровоза ЕО3 имеют при 200 *км/ч* общую часовую мощность 6420 *квт,* советский двухсекционный тепловоз 2ТЗП60, предназначенный для вождения пассажирских поездов со скоростью 160 *км/ч,* имеет общую мощность дизелей 6000 *л. с.* Часовая мощность электровоза ЧС2, который водит пассажирские поезда на отечественных дорогах, составляет 4200 *квт* (5580 *л. с.).*

Такие высокие показатели нужны для развития не только больших скоростей, но и больших ускорений. Новая Токайдо, пожалуй, пока что единственный пример дороги, специально построенной для скоростного движения и уже эксплуатирующейся, на остальных скоростное движение приходится сочетать с обычным. Поэтому способность создать большое ускорение тоже очень важна. Электровоз ЕО3 в течение 10 *мин* может развить мощность, превышающую 9000 *квт,* а в течение пятиминутного разгона — даже 12500 *квт.* С составом в 300 *т* этот электровоз за 3 *мин* развивает скорость от нуля до 200 *км/ч.*

Благодаря чему достигается столь высокая мощность? Различных достижений в области конструирования двигателей много. Одно из наиболее интересных — новый электроизоляционный материал эмаль. Применение эмалированного провода во французских тепловозах при тех же параметрах изоляции снижает ее толщину в 2 раза. Эмаль МЛ выдерживает температуру до 280°, обладает большой упругостью и механической прочностью. Применение ее позволило поднять мощность двигателей электровозов серии СС40100 на 20 %. Специалисты считают, что так как эмаль МЛ позволяет резко уменьшить вес и габариты тяговых двигателей и генератора переменного тока, можно будет создать в недалеком будущем

тепловозы мощностью 6000–8000 *л. с.* в одной секции.

Мощность дизельного двигателя повышается, когда увеличивается скорость вращения коленчатого вала. Быстроходные дизели (до 1500 *об/мин* для тепловозов) используются сейчас очень широко. Другой путь — применение турбонаддува. Выхлопные тазы вращают вал турбины, которая гонит в цилиндры двигателя избыточный воздух. Благодаря этому увеличивается количество топлива, сжигаемого в камере сгорания, и мощность повышается. Эти методы применялись и до скоростного движения и даже в других областях техники, где используется дизель, но именно здесь они оказались весьма нужными. Для повышения мощности широко используется такой сравнительно простой способ, как соединение нескольких секций, например в тепловозах 2ТЭП60, 2ТЭ40 и др.

Для скоростных локомотивов очень важен минимальный вес неподрессоренных частей, чтобы вертикальные и горизонтальные колебания были как можно меньшими. Этого удалось достичь опять-таки благодаря применению целого ряда конструктивных усовершенствований. Наиболее интересным из них является одномоторная тележка. Она широко используется во французских скоростных локомотивах, причем в целях унификации как для электровозов, так и для тепловозов. В старых конструкциях применялись двухосные тележки, и каждую ось приводил в движение свой двигатель. В скоростном электровозе СС40100 кузов опирается на две трехосные тележки. Каждая из них имеет только один электродвигатель, который через редуктор и зубчатые венцы приводит в действие все три оси. Преимуществ у такой конструкции очень много.

Один мотор весит значительно меньше двух той же мощности. К тому же облегчается рама. Следовательно, одномоторная тележка примерно на 20 % легче многомоторной (для электровоза СС40100 абсолютный выигрыш в весе составил около 11,4 *т.)*.

Масса не рассредоточена, а сконцентрирована в середине тележки. Это снизило ее момент инерции, а в итоге уменьшились боковые колебания и воздействие на путь. Улучшились сцепные качества, потому что вероятность проскальзывания двух или трех связанных вместе осей меньше, чем у осей с индивидуальным приводом. Наконец, редуктор, которым оснащена тележка, позволяет быстро изменять передаточное отношение и таким образом приспосабливать локомотив и к грузовой и к пассажирской работе. Во Франции часты случаи, когда локомотив в одну сторону ведет грузовой, а в другую пассажирский состав.

В одномоторной тележке двигатель благодаря меньшему весу

опирается только на раму, а не на оси, как было в старых конструкциях. Вес неподрессоренных частей — резко снижается, а это совершенно необходимое условие для движения со скоростями свыше 120 *км/ч*.

Очень большое значение имеет конструкция рессорного подвешивания и гасителей колебаний. При колебаниях возникают ускорения, они вызывают силы, вредно действующие на путь и на сам локомотив. Новым в конструкции рессорного подвешивания является то, что листовые рессоры заменяются в новейших локомотивах пружинными, которые обеспечивают подвижность тележек. Это уменьшает толчки при трогании с места, и нагрузка на путь остается в обычных пределах. Для поглощения вертикальных колебаний кузова между ним и тележкой ставят резино-металлические амортизаторы.

Еще один достаточно серьезный вопрос: как снимать с проводов ток? Исследования показали, что чем больше скорость, тем большее давление оказывает токоприемник на провод. Это происходит потому, что увеличиваются аэродинамические и инерционные силы. А иногда по тем же причинам происходит обратное явление: полоз отрывается от провода. Выход из такого положения — делать подвеску провода более гибкой, чтобы она чутко реагировала на все колебания токосъемника, а пантограф более эластичным, пружинящим (на линии Новая Токайдо между проводом и тросом расположены вибрационные гасители колебаний: воздушные цилиндры со спиральной пружиной внутри.

Конечно, создание мощных тепловозов — задача очень важная. Однако все чаще взоры конструкторов обращаются к другому виду транспорта — авиации. Газотурбинный двигатель, изменивший облик авиации, должен спуститься на землю, чтобы занять подобающее место в рельсовом транспорте.

Чем же плох дизель? Во-первых, громоздкостью. У него сложная система охлаждения, сложный механизм передачи. Поэтому количество мест в головном вагоне дизель-поезда составляет всего 55–60 % от количества мест в прицепном вагоне. И чем двигатель мощней, тем больше он «съедает» площади. А газовая турбина значительно меньше по размерам и весу. Турбопоезд, состоящий из такого же количества вагонов, что и дизель-поезд, вместит в 1,15-1,2 раза больше пассажиров.

Эксплуатационники знают, что обслуживание дизельного двигателя — задача очень непростая. На обычную профилактику уходит всего в 2 раза меньше времени, чем на полный его ремонт. Дело в том, что демонтировать дизель, выкатить тележку с ним, подняв предварительно вагон — работа небыстрая. А иначе при

многих видах обслуживания нельзя.

Газотурбинный двигатель имеет в 15–20 раз меньше соединений с кузовом, чем поршневой, и снимать его при обслуживании не требуется, а если вдруг окажется нужным, можно сделать это за час или два. Меньше поездов на профилактике — значит больше на линии. Чтобы осуществить один и тот же объем перевозок, потребуется в 1,15-1,2 раза меньше турбопоездов, нежели дизельных.

Правда, газотурбинный двигатель пока потребляет больше топлива, но зато он может работать на низких сортах. Газотурбинный двигатель имеет иные тяговые характеристики, нежели дизель — поэтому с его применением ненужными становятся ни электрическая постоянного тока, ни гидравлическая передачи к ведущим колесам, а вполне можно обойтись обычной механической. В итоге при существующих типах локомотивных двигателей газовая турбина является наиболее подходящей для высоких скоростей. При скорости 150–200 *км/ч* потребность в мощности, необходимой для передвижения собственно локомотива, резко увеличивается, поэтому легкая и мощная машина — газотурбовоз с механической передачей — приходится для таких случаев как нельзя более кстати.

Есть и сложности. Газотурбинная установка на локомотиве имеет более низкий к. п. д., чем дизель: ограниченная жаростойкость турбинных лопаток вынуждает лимитировать температуру газов. Увеличивается расход топлива при неполной загрузке. На самолете турбина работает с полной нагрузкой и при низкой температуре окружающего воздуха (минус 40–50 °С). Локомотив же работает с переменной нагрузкой и при температуре от минус 50 до плюс 40 °С. Тем не менее во многих странах мира усиленно работают под использованием газовой турбины на железной дороге. Это особенно относится к турбопоездам. По подсчетам специалистов моторвагонный состав, оборудованный серийно выпускаемой в нашей стране авиационной газовой турбиной мощностью 2550 *л. с.* и весом 600 *кг,* сможет развивать скорость до 200 *км/ч.* Над проектом турбопоезда работает Рижский вагоностроительный завод.

Во Франции испытывался недавно экспериментальный двухвагонный турбопоезд. На железнодорожном участке возле Орлеана он показал скорость, равную 231,8 *км/ч.* Основой его конструкции явился обычный серийный французский дизель-поезд тоже из двух вагонов — моторного и прицепного. В испытаниях определяли тяговые свойства газотурбинного двигателя при разных скоростях движения, аэродинамику,

всасывание и выпуск воздуха на высоких скоростях, работу механической передачи, стабильность хода и многое другое. Преимущества в весе турбопоезда по сравнению с дизель-поездом бесспорны. Двухвальный двигатель и простейшая механическая передача весят только 1,2 *т* по сравнению с 10,5 *т* веса дизеля со ступенчатым редуктором. Итог — вдвое сниженные нагрузки от оси на рельсы. Авиационный серийный двигатель мощностью около 1500 *л. с.* размещен под полом прицепного вагона в звукоизолированном отсеке.

Англичане пока еще турбопоезда не построили, зато разработали его проект, но уже из восьми вагонов. Два двигателя мощностью по 1500 *л. с.* должны обеспечить движение поезда весом 250 *т* со скоростью до 250 *км/ч*.

Комфорт — условие необходимое

Когда мы летим в самолете со скоростью 600–800 *км/ч,* эта скорость почти не ощущается: нет ни толчков, ни вибраций. Точно такой же комфорт — и даже больший — должны дать пассажирам и железнодорожники. Конечно, комфортабельность — непременное условие для любого пассажирского поезда. Но для высоких скоростей это имеет особое значение. Без этого, во-первых, невозможно привлечь людей, а во-вторых, вагон, испытывающий тряску, толчки и вибрации на высоких скоростях, очень скоро выйдет из строя сам и разрушит к тому же рельсовый путь. А шум, возникающий при движении подобного рода, будет просто непереносим.

Борьба с шумом и представляет собой одну из важнейших задач, которую приходится решать конструкторам.

Когда вагон катится по рельсам с мелкими, почти не видными глазу неровностями, возникает шум, очень неприятно действующий на человека. Наиболее мощным источником шума является место контакта колеса с рельсом: колебания, вызываемые неровностями пути, переходят в звуковые волны. Чтобы подавлять шумы в месте их возникновения, применяют бесстыковой путь; длинные рельсовые пути укладывают на резиновые изоляторы. Если тщательно следить за состоянием путей, можно избавиться от неровностей, но полностью ликвидировать шум катящихся колес нельзя.

Шум возникает и в тележках, и в рычажной передаче тормоза, и в тяговосцепных устройствах. Чтобы его было меньше, в узлах соединения между кузовом и тележкой ставят эластичные элементы; воздуховоды включают в систему поглотителей шума; рычажные передачи устанавливают в пластмассовых направляющих, а тормозной цилиндр крепят к отдельной раме, изолированной от рамы вагона специальными прокладками.

Чтобы обеспечить спокойный ход локомотива при любых скоростях, в рессорной подвеске применяют значительное количество резиновых элементов, которые хорошо работают на сжатие и на сжатие со сдвигом. У многих серий тепловозов буксы соединяются с рамой через резиновые втулки, а применение резиновых амортизаторов уменьшает горизонтальные поперечные силы, действующие между колесом и рельсом.

Но полностью ликвидировать возникновение шума на месте все равно невозможно. Значит, остается только не допустить, чтобы шум из места своего возникновения «пробрался» внутрь вагона, куда у него есть два пути — по воздуху и через жесткие,

вибрирующие элементы кузова. По каждому из них проходит примерно равное количество шума. И к первичному шуму добавляется тот, который вызывает идущая звуковая волна в местах соединений тележек с кузовом или в обшивке кузова. Волна, идущая по воздуху, тоже вызывает вторичные звуковые колебания, проникая через окна, двери, отверстия для кабелей и трубопроводов.

Открытые окна сводят на нет все меры по шумоизоляции: но при высоких скоростях открывать их недопустимо из соображений безопасности. В таких условиях наилучшей конструкцией является окно с двойными неподвижными стеклами. Кстати, такая конструкция неизбежно приводит к необходимости устройств для кондиционирования, которые широко применяются на скоростных поездах. В систему этих устройств входят приборы для отопления, охлаждения и — вентиляции.

Конструкторы стараются не только преградить доступ звуковым волнам внутрь кузова, но и сделать так, чтобы даже попавшие в пути звуки поглощались. Пол делают сплошным с усиленной изоляцией над тележками, а потолки в купе — перфорированными. Стены изолируют комбинированными материалами — волокнистыми для поглощения высокочастотных шумов и плотными для поглощения шумов низких частот.

Гладкие внутренние поверхности не поглощают, а наилучшим образом отражают звук, поэтому для отделки внутренних поверхностей купе стараются использовать упругие материалы, имитирующие кожу или ткань. Внутреннюю поверхность наружной обшивки кузова покрывают звукопоглощающим волокнистым веществом. И даже конструкция сидений для лучшей звукоизоляции изменена. Раньше основными их частями были деревянная рама, металлические пружины и конский волос. Теперь рама делается из металла, а стальные пружины сиденья и спинки закрыты матрацами из пористой резины или поролона, толщиной приблизительно 20 *мм.* Это тоже в какой-то степени понижает уровень шума в купе.

Исследования показали, что при увеличении скоростей до 200 *км/ч* из-за динамического воздействия воздуха на стены резко повышается уровень шума в купе, расположенных по концам вагона. Предупредительной мерой в таком случае является повышение жесткости конструкции кузова. Правда, в этом отношении существуют свои пределы. Для железных дорог проблема веса не играет, конечно, такой огромной роли, как в авиации — тем не менее нагрузка от оси на рельсы не должна превышать определенных пределов. Потому увеличивать как

угодно толщину стен вагонов нельзя.

Во что же обходятся все меры шумоизоляции? Стоимость звукоизолирующих элементов составляет 2–4 % от полной стоимости вагона, а вес их — 1,5–3 % от веса вагона. Улучшение конструкции тележек с точки зрения звукоизоляции увеличивает ее стоимость всего лишь на несколько процентов.

Несправедливо было бы обеспечить комфорт только пассажирам. Для пассажира поездка это всего лишь несколько часов, для машиниста — постоянная работа. Он тоже должен быть избавлен от «шумового оформления». Для этой цели и на стенки кузова локомотива наносят звукопоглощающие материалы, а сам кузов разделяют на несколько помещений. Двигатели тепловозов крепятся к раме через резиновые прокладки, для них стараются использовать надежные глушители, а все источники шума поместить в одном машинном отделении.

Постоянно поддерживать в вагонах оптимальную температуру — задача тоже не из простых, но это необходимая составная часть в создании комфортабельных условий путешествия. Есть разные способы отопления вагонов. Источником тепла может быть пар от локомотива или специального котла. Применяется также электрическое отопление, а в дизель-поездах — автономное, когда каждый вагон оборудуется собственной отопительной установкой.

Но важно не только получить тепло, важно его и сохранить. Конструкторы стараются применять такие материалы, которые пригодны одновременно для звуко- и теплоизоляции. Асбест или стекловолокно защищает вагон как от шума, так и от потерь тепла. Развитие химии добавляет к материалам, использующимся для этой цели, пенополиуретан или вспененный полистирол. А для защиты летом от жары крышу вагонов красят светлой краской (белой, серебристой), чтобы повысить отражающую способность.

Ученые пытаются ввести слово «комфорт» в разряд строго научных терминов. Для этой цели введено понятие «условного комфорта». Оно обозначает то время, которое пассажир может провести в вагоне без усталости. Сейчас оно равно 6 *ч*, в будущем должно подняться до 10 *ч*.

Важным условием комфорта является освещенность. Уровень ее растет. Норма освещенности на многих дорогах повышена по сравнению с прошлыми годами почти в 2 раза. Конечно, ради этого тоже приходится идти на дополнительные расходы: повышать номинальную мощность системы электроснабжения вагона, использовать люминесцентные лампы, которые дают более высокую освещенность и более равномерное распределение

света, чем лампы накаливания. Подбирая в соответствии с лампами цвета материалов для отделки внутреннего помещения вагона, инженеры добиваются мягкого и ровного освещения, не слепящего, не режущего глаза и в то же время такого, при котором не возникает затемненных участков.

Задача железнодорожников — сделать так, чтобы человек, имея возможность лететь, все же выбрал бы поезд. И, разумеется, конструкция и форма кресел имеют для человека, которому предстоит сделать выбор, большое значение. О деревянных скамейках, конечно, не может быть и речи. Кресло должно быть мягким, легким, небольшим, оставаться удобным для любого человека, кто бы в него ни погрузился — от великана до карлика, не изнашиваться слишком быстро и, наконец, при толчках и ударах — а такое в пути всегда возможно — защитить пассажиров. Всем этим качествам должно отвечать и кресло для самолетов — поэтому не удивительно, что подход к конструированию и тех и других одинаков.

Этой проблеме придается настолько большое значение, что в Японии и США, например, перед тем как конструировать кресла для скоростных поездов, провели целый ряд антропометрических исследований мужчин и женщин, чтобы получить средние показатели роста, веса, ширины бедер и плеч, длины рук и ног. Очень важно учитывать не только первоначальную форму кресла, но и возможность ее изменения. Человек не может долго занимать одно положение, и кресло должно приспосабливаться к любому. Исследования показали, что у сидящего больше всего устает та часть тела, которую поддерживает поясничный позвонок. Спиральная пружина в спинке кресла, точное соответствие контура подушки для спины поясничной кривой позвоночника — все это дает возможность пассажиру принимать большее число расслабленных положений. В некоторых скоростных поездах спинка кресла наклонена более обычного для того, чтобы основная часть тяжести приходилась на спину человека.

Возможность любоваться быстро меняющимся за окном пейзажем тоже до какой-то степени условие комфорта. Не во всяком вагоне положение пассажира позволяет это сделать. Конструкторы хотят предоставить такую возможность каждому и с этой целью в состав скоростных поездов включают вагоны для обозрения местности. Такой вагон входит, например, в трансъевропейский экспресс «Рейнгольд», курсирующий по железным дорогам Западной Европы с максимальной скоростью 160 *км/ч.*

С обоих концов вагон имеет обычную высоту, но посередине

его помещен стеклянный купол. Здесь высота увеличена и по всей длине под куполом вагон имеет два этажа. Человек, находящийся здесь, прекрасно видит все окрестности. Кресла второго этажа могут поворачиваться на 180° и фиксироваться в любом положении.

Двухэтажные и двухъярусные вагоны есть и во многих других странах — Венгрии, ГДР, США, Франции. В нашей стране ленинградский завод им. И. Егорова выпустил вагон со стеклянным куполом, который испытывался и показал хорошие результаты. Он оснащен двумя установками для кондиционирования воздуха холодопроизводительностью 25 тыс. *ккал/ч* каждая. На первом этаже расположены семь четырехместных спальных купе, на втором — под прозрачным куполом — 28 сидячих мест. В состав вагона входят душевая и буфет.

Железная дорога едва ли не на сто лет старше авиации. И тем не менее инженеры сухопутного транспорта с повышением скоростей вынуждены были «идти на выучку» к самолетостроителям. Так появились тонколистовые цельнометаллические несущие кузова вагонов и автомобилей через 15–20 лет после того, как задача создания этих конструкций была решена авиационными инженерами.

Использование новых конструктивных принципов — один метод снижения веса. Второй — использование более легких материалов, в первую очередь алюминиевых сплавов. Все виды транспорта потребляют 23 % мирового производства алюминия. На долю железных дорог приходится всего 2 %. Но, как ни странно, пальму первенства держит не авиация (всего 7 %), а автомобилестроение и городской транспорт — 13 %. Судостроители, правда, потребляют еще меньше, чем железнодорожники — всего 1 % мирового производства алюминия.

В последнее время положение меняется. Алюминий находит все большее и большее применение в вагоностроении. Сплавы из этого металла почти не уступают по прочности стальным, будучи в то же время почти в 3 раза легче. Алюминий гораздо лучше противостоит коррозии, чем сталь, поэтому затраты на эксплуатацию, ремонт, окраску вагонов становятся гораздо меньше.

На Калининском вагоностроительном заводе создан пассажирский вагон для движения со скоростью до 160 *км/ч* с кузовом из алюминиевого сплава. Он весит 36 *т* — на 8 *т* меньше вагонов старых конструкций, а длина его на 2 *м* больше. Вагон имеет только один тамбур. Пассажирам от этого гораздо

просторней. Рама его сделана из низколегированных сталей, а стены и крыша — из алюминиевых сплавов. И по условиям комфортабельности он находится на уровне современных требований. Установка для кондиционирования воздуха, электрические печи и калорифер, горячее и холодное водоснабжение. В конструкции применены не только алюминий и сталь, но и стеклопластики. Наружные двери вагона, рамы окон, полы туалетных помещений, ящики для постельного белья, стены и перегородки внутри вагонов сделаны из трехслойных плит с пенопластовым наполнителем. Эти плиты обладают хорошей звуко- и теплоизоляцией, имеют малый объемный вес при достаточной прочности. Применение перегородок из трехслойных плит позволяет снизить вес тары пассажирского вагона на 1,5–2 *т.*

Конечно, наиболее ответственные детали, подвергающиеся большим силовым нагрузкам, из алюминиевых сплавов не сделаешь. Высококачественные стали позволяют изготавливать очень прочные детали сравнительно небольшого веса. Тонкие листы нержавеющей стали, которыми обшивают внутренние части вагонов, значительно тоньше листов из обычных сталей. Здесь, правда, может возникнуть вопрос: а не уменьшится ли прочность вагонов. Нет, просто снизятся запасы на коррозию, поскольку нержавеющая сталь обладает высокой антикоррозийностью.

А в перспективе — пассажирский вагон, в котором несущие конструкции кузова стеклопластиковые. Работы в этом направлении ведутся. Конструкторы Рижского вагоностроительного завода, использовав стеклопластик, сумели снизить вес диванов на 500 и вес полов в туалетах — на 200 *кг.* А ленинградский завод имени И. Егорова создал партию вагонов, где стеклопластики широко используются как материал для изготовления водяных баков, полов, умывальников, калориферов, труб, коробов пылеочистительных устройств. Все это уменьшает вес вагона на 324 *кг.*

Много работают над проблемой облегчения веса вагонов и за рубежом. Дизель-поезд, где кузова вагонов сделаны из алюминия, выпущен в Югославии. Он состоит из двух моторных и двух прицепных вагонов. Длина поезда — 82 *м,* а весит он без пассажиров 110 *т.* В ФРГ изготовлена автомотриса с трехслойным кузовом: пространство между двумя алюминиевыми оболочками заполнено пенопластом. Французский завод «Рено» выпускает дизель-моторные вагоны с кузовом из стеклопластиков.

При движении с высокими скоростями возникают совершенно особые динамические явления, и надо продумать комплекс

мероприятий, чтобы им противостоять. Что же это за явления? Когда скорость пассажирского поезда достигает 120 *км/ч*, появляется интенсивное извилистое движение тележек и кузова. Это приводит к боковым колебаниям вагонов и усиленному воздействию колес на рельсы. При скорости 130 *км/ч* перепад «виляния» тележки равен 0,4–0,7 *сек.* Оно происходит на длине пути, равном 15–25 *м.* У кузова поперечные перемещения еще больше, чем у тележки.

Другой вид колебаний — колебания в вертикальной плоскости. Они вызваны неровностями пути, износом бандажей. У конструкторов в результате долгого опыта эксплуатации, поисков, экспериментов, выработались определенные требования к тележкам вагонов для скоростного движения. Для того чтобы успешно противостоять вертикальным колебаниям, тележки должны обладать хорошим рессорным подвешиванием. Но здесь имеется предел. Статический прогиб рессорного подвешивания современного пассажирского вагона должен равняться при полной нагрузке 480–200 *мм.* Больше нельзя, иначе вагон будет сильно крениться на закруглениях пути. Правда, это ограничение имеет силу, только если нет специальных устройств, уменьшающих крен кузова, который возникает под действием центробежных сил и ветра. Если такие устройства (стабилизаторы) есть, то статический прогиб может достигать 250–300 *мм.* Рессоры не должны быть листовыми: между листами возникает трение, ухудшающее ход вагонов.

Чтобы тележки «вели себя хорошо» и в горизонтальной плоскости (не было виляния), они должны иметь жесткую раму, которая, объединяя колесные пары, заставляет их совершать извилистые движения синхронно. А это приводит к уменьшению амплитуды и частоты виляния. Рама с колесными парами и кузов с рамой скрепляются упруго. Это сглаживает виляние и в то же время позволяет смягчить боковые толчки, которые получает колесная пара на неровностях пути. Но все узлы рамы должны быть плотно подогнаны друг к другу: зазоры в буксовых подшипниках, свобода перемещения букс относительно рамы интенсифицируют виляние. Чтобы успешно бороться с вилянием, надо еще как-то гасить его энергию. Она должна превращаться в работу трения в опорах кузова.

Виляние не назовешь высокочастотным колебанием, но в пути возникают и такие. Вагон необходимо защитить от вибраций ходовых частей. Для этой цели применяют виброизолирующие прокладки из резины или других неметаллических материалов.

Пассажирские четырехосные вагоны имели в первые послевоенные годы тележки с листовыми эллиптическими

рессорами (так называемые тележки тина ЦМВ). Тележки эти при скорости свыше 120 *км/ч* не обеспечивают необходимую плавность хода. Калининский вагоностроительный завод в конце 50-х годов разработал, а с начала 60-х выпускает серийно тележки типа КВЗ-5. Вместо эллиптических рессор на них применены сравнительно легкие винтовые пружины с гидравлическими амортизаторами. Вагоны на тележках КВЗ-5 движутся более спокойно, чем на тележках типа ЦМВ, а рама стала на 600 *кг* легче. Но от влияния на высоких скоростях тележка КВЗ-5 не предохраняет. Избавляет от этого тележка для современных скоростных вагонов КВЗ-ЦНИИ, разработанная Калининским заводом совместно с Всесоюзным научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта.

Так же как и КВЗ-5, тележка КВЗ-ЦНИИ имеет двухступенчатое рессорное подвешивание. Первая ступень та, к которой подвешены буксы. Это витые пружины с фрикционными кольцевыми амортизаторами, которые нужны для того, чтобы гасить перемещения колесных пар. Вторая ступень — это центральные винтовые пружины с гидравлическими амортизаторами. Пружины в КВЗ-ЦНИИ устанавливаются в коробообразном поддоне — вместо балочного в КВЗ-5. Это вызвано тем, что пружины в новой тележке больше и эластичнее, чем в старой, следовательно, и основание должно быть больше.

Но основное в конструкции новой тележки, отличающее ее от старой, это узел опоры кузова. Кузов опирается не на подпятники тележки, а на боковые скользуны. Когда тележка поворачивается относительно кузова, между ними от сил трения возникает момент, который поглощает энергию влияния тележки. В результате и кузов вагона колеблется меньше.

Остановить вовремя

Один старый опытный автомобилист говорил так: «Когда я подхожу к новому автомобилю, на котором мне предстоит поехать, я обращаю мало внимания на подвеску, не очень старательно проверяю работу двигателя… Но тормоза… Тут от моего внимания не ускользает ни одна маленькая деталь. Ведь от их исправной работы зависит жизнь…». Может быть, он несколько преувеличил, говоря о невнимании, с которым относится к работе двигателя или подвески, но лишь для того, чтоб подчеркнуть серьезность, с какой надо относиться к тормозам. Что же оказать о том значении, которое имеет надежность и эффективность тормозов для современных скоростных поездов, когда составы мчатся значительно быстрей автомобилей, и не одна, а сотни жизней могут зависеть от того, насколько быстро остановится поезд?

В том комплексе проблем, которые решают конструкторы, создавая скоростные поезда, проблема торможения является одной из ведущих. В популярной книге Г. Гюнтера «Железная дорога», изданной в нашей стране в 1930 г., говорится, что путь, пройденный скорым поездом с начала торможения до полной остановки, составляет довольно значительное расстояние — около 500 *м.*

За годы, прошедшие с тех пор, изменилось многое. И тормозные пути скорых поездов тоже. При скорости 120 *км/ч* и очень незначительном уклоне тормозной путь составляет 1200 *м.* Это при том условии, что поезд оборудован чугунными колодками и пневматической системой тормозов, т. е. так же, как и десятки лет назад. Задача номер один — сокращение длины тормозного пути. Но не любым способом. При резком торможении даже в троллейбусе люди валятся друг на друга, что же будет с ними в мчащемся поезде?

Максимальная величина замедления, которую человек переносит без неприятных ощущений, равна 1,5 *м/сек*^{2}. При этом замедлении человек еще может передвигаться по вагону, а посуда в вагоне-ресторане не слетает со столов. И все же 1,5 *м/сек*^{2} — это для экстренного торможения; при эксплуатационном величина замедления не должна превышать 1,2 *м/сек*^{2}. Тормозные механизмы должны быть достаточно мощными и, кроме того, необходимо предусмотреть устройства для отвода тепла. Вот все эти проблемы и встали перед конструкторами.

Прежде всего надо было найти замену старому испытанному материалу для тормозных колодок — чугуну. Чугунные колодки

честно служили при небольших скоростях движения; с увеличением скоростей стала обнаруживаться их несостоятельность. Нужен был материал, коэффициент трения которого мало зависел бы от скорости, усилия, с которым прижимается колодка, погоды. Он должен был иметь износостойкость, превышающую износостойкость чугуна в 2–3 раза, необходимую прочность и теплостойкость. Последнее свойство имеет особо важное значение. (При высоких скоростях торможение сопровождается тем, что поверхностные слои чугунных колодок плавятся, пленка жидкого металла действует как смазка, и коэффициент трения снижается до недопустимо малых величин.) Кроме всего этого, колодки из такого материала должны были бы гарантировать мягкое, спокойное торможение.

Ученые начали искать материал, который мог бы удовлетворить всем этим требованиям. Несколько лет назад в результате совместной работы многих научно-исследовательских институтов, появились так называемые «композиционные» колодки. Их основной материал — асбест, а для того, чтобы колодка обладала необходимыми механическими и физическими свойствами, в состав их вводят самые разные компоненты: каучук, железный сурик, бакелитовую и эпоксидную смолы, чешуйчатый графит, окись цинка и т. д. Асбестовая колодка значительно лучше чугунной. У нее выше коэффициент трения; при большой скорости и увеличении тормозного усилия он снижается не так резко. Тормозной путь сокращается, а торможение проходит плавно и без рывков. Не надо применять особые устройства — скоростные регуляторы, которые меняют усилие нажатия в зависимости от скорости. Служит композиционная колодка в 3–4 раза больше чугунной, а весит в 3 раза меньше.

Однако и у композиционных колодок есть существенный недостаток — низкая теплопроводность. Колеса, схваченные этими колодками, очень сильно нагреваются, поверхность катания их при этом портится. Поэтому необходимо было принципиальное решение, которое освободило бы поверхность катания колес от воздействия на них тормозных усилий. Таким решением явились дисковые тормоза.

Колодочные тормоза для вагонов и автомобилей пришли из глубокой старины, еще со времен карет. Модернизируясь, они дошли до наших дней. Но нынче и в автомобилях и в поездах колодочные тормоза уступают место дисковым. На ось колесной пары напрессовывают стальные ступицы, а к ним болтами и специальными втулками крепят чугунные диски. Это один элемент фрикционной пары. Второй — накладки из композиционного материала. При торможении накладки плотно

прижимаются к дискам. Тепло, которое при этом возникает, через поверхность дисков (значительно большую, чем поверхность колодок) рассеивается в воздухе. Диски изнашиваются в той же степени, что и колеса — поэтому менять их можно одновременно.

Дисковые тормоза легче колодочных на 30–35 %. Почему это так? Между диском и накладкой более высокий коэффициент трения, чем между колодками и колесами. Изнашиваются и диски, и накладки очень мало. Поэтому рычажная передача, через которую усилие передается к дискам, имеет сравнительно небольшой ход, и не нужно регулировать силу торможения в зависимости от износа тормоза. Не надо менять тормозные накладки, и нет пыли от чугунных тормозных колодок, которая портит вагоны и ухудшает изоляционные свойства систем сигнализации и связи.

Как бы ни были хороши дисковые тормоза, у них есть принципиальный недостаток, присущий любой системе тормозов, воздействующих на колесо. Сила, с которой действуют на него диски или колодки, не должна превышать силу сцепления колеса с рельсом, иначе начнется скольжение. Поэтому даже ту величину замедления при торможении, которую человек переносит без вреда, — 1,5 *м/сек*^{2} — получить нельзя. В поезде Ленинград — Москва, движущемся со скоростью 160 *км/ч*, удалось получить замедление, равное лишь 0,7 *м/сек*^{2}.

Для того чтобы избавиться от этого недостатка, применяют противоюзные устройства и автоматические регуляторы тормозного нажатия. Этот механизм позволяет повышать тормозное усилие до предела, равного силе сцепления колеса с рельсом. Выше этого подняться уже нельзя. А между тем коэффициент сцепления колес с рельсами величина нестабильная, уменьшающаяся с повышением скорости. Опять-таки потребовалось принципиальное решение — тормоза, эффективность действия которых не зависит от силы сцепления колес с рельсами. Для этой цели можно использовать воздушное сопротивление, можно даже реактивные двигатели, можно, наконец, магнитно-рельсовые тормоза. Именно эта конструкция привлекает к себе пристальное внимание инженеров. При испытаниях в ФРГ поезд с магнитно-рельсовыми тормозами, мчащийся со скоростью 150 *км/ч,* проехал после включения тормозной системы всего 425 *м.* Как же выглядит и действует такой тормоз?

Между колесами тележки установлены башмаки, в верхней части которых помещены обмотки электромагнитов (рис. 4).

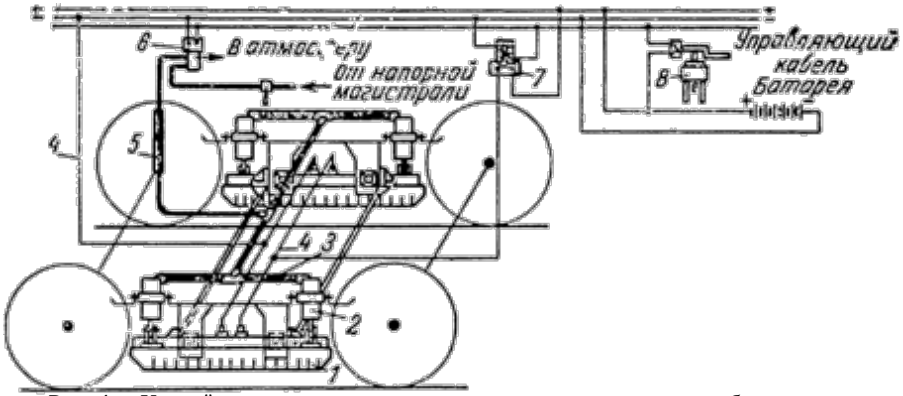

Рис. 4. Устройство магнитно-рельсового тормоза: *1* — башмаки; *2* — пневматические цилиндры; *3, 5* — трубки сжатого воздуха; *4* — провода; *6* — электромагнитный клапан; 7 — кран машиниста; *8* — реле.

Расстояние от головки рельса до низа башмака 130 *мм*. Башмаки прикреплены к штокам пневматических цилиндров, соединенных с магистралью сжатого воздуха. Когда машинист поворачивает рукоятку крана в позицию экстренного торможения, ток от батареи идет в цепь, электромагнитный клапан вступает в действие, и поршни несколько прижимают башмаки к рельсам. При этом вступает в действие реле, через которое идет ток к магнитам башмаков, и они прижимаются к рельсам с гораздо большей силой — от 2500 до 12 000 *кГ*. Когда машинист поворачивает рукоятку назад, электромагниты обесточиваются, воздух через электромагнитный клапан выходит из цилиндров, и башмаки под действием пружин поднимаются вверх.

Тормозной путь французского поезда из четырех пассажирских вагонов с электровозом BB9291 составляет при использовании пневматических дисковых тормозов 2500 *м*. Применение магнитно-рельсового тормоза позволяет сократить эту величину до 1400–1700 *м*. Электрический и дисковый тормоза применяются в режиме служебного торможения. Магнитно-рельсовый тормоз включается только при экстренном торможении.

И колодочные, и дисковые, и магнитно-рельсовые тормоза действуют по одному принципу — использованию силы трения. Но опять-таки возможен совершенно иной метод — электрическое торможение. Современные скоростные электропоезда оборудуются подобными устройствами, и в некоторых случаях фрикционное торможение отступает на второй план. Его применяют лишь тогда, когда поезд движется с небольшой скоростью. Особо широко применяется на высокоскоростных локомотивах электрическое реостатное торможение. При этом способе тяговые двигатели включаются для замедления хода на

постоянное сопротивление. Мощность реостатного торможения может быть доведена до часовой мощности локомотива и даже стать больше ее.

Испытания реостатного торможения на электровозах и тепловозах, мчащихся со скоростью 160 *км/ч,* показали, что система эта по эффективности превосходит обычное фрикционное торможение. Тормозной путь электровоза ЧС4, снабженного тормозными сопротивлениями мощностью 5000 *квт,* составил при начальной скорости 160 *км/ч* 1200 *м*. Если пневматические и реостатный тормоза действуют совместно, давая замедление 0,5 *м/сек*^{2}, на долю последнего приходится 30–50 % общего тормозного усилия.

Итак, все эти новые конструкции и системы, действуя порознь или совместно, обеспечивают плавное, мягкое и быстрое торможение.

Поездом управляет автомат

Трудно найти людей, которые бы так любили свою профессию, как старые паровозные машинисты. Вот как рассуждает один из них в рассказе прекрасного писателя Андрея Платонова «Происхождение мастера»: «…Где вы, старинные механики, помощники, — кочегары, обтирщики? Бывало, близ паровоза люди трепетали…».

Писатель сам одно время работал на железной дороге, и во многих его произведениях сквозит это нежно-восторженное отношение человека к машине. Причин такого отношения много. Искусство паровозного машиниста очень сложно, на овладение им уходили годы. А самое главное — это то, что, отбывая в рейс, человек как бы уходил от обычного, наскучившего житейского распорядка. Был только он, машина и дорога. И это чувство освобожденности и одновременно власти над пространством, свойственное, быть может, еще только капитанам судов дальнего плавания, и заставляло машинистов обожать свою профессию.

Не то сейчас. Любовь к делу осталась; оторванность в рейсе от событий на том же участке пути — нет. Да и невозможно машинисту в условиях нынешнего интенсивнейшего, а особенно скоростного движения вести состав, не зная, что делается сзади и что спереди. На поезд и с поезда все время должна передаваться информация. Не обязательно, чтобы ее принимал именно машинист. Могут и приборы, но обойтись без нее нельзя. Поэтому даже когда еще речи не было о скоростном движении, начали применять радиосвязь с поездами. В то время (конец 40-х — середина 50-х годов) задачи радиосигнализации на железной дороге были ограниченными. В основном это была радиотелефонная связь, служившая для вызова ремонтно-восстановительных бригад. При авариях или стихийных бедствиях, когда нарушался график, можно было с ее помощью управлять движением поездов.

Радиотелефонная связь осталась и даже значительно расширила свои функции. На линии Новая Токайдо, например, поездной диспетчер может информировать машиниста о том, соблюдается ли график, и, если нарушен, то, как это нарушение ликвидировать. Но вообще-то этот вид связи не является специфической принадлежностью именно скоростного движения. Есть, однако, вещи, которые присущи только ему.

Электроника пришла на железную дорогу гораздо позже, чем в авиацию. Грохочущий, грязный паровоз — мало подходящее место для работы хрупкой электронной аппаратуры. Да и нужды в

ней при низких скоростях не было. Другое дело теперь. Аппаратура стала надежнее; плавность движения — выше, а необходимость в электронной технике — безусловная. В самом деле, скорость можно повышать только при том условии, что безопасность движения никоим образом не снижается. Для этой цели разработаны новые конструкции тормозов. Но наступает момент, когда и этого мало. Тормозной путь современных скоростных и сверхскоростных поездов все равно очень велик.

Безопасность сверхскоростного движения обеспечивает система локомотивной сигнализации с непрерывной поездной авторегулировкой, примененная, например, на линии Новая Токайдо. Устройства, входящие в нее, дают знать машинисту с том, что путь занят и необходимо тормозить гораздо раньше, чем он увидел это, вглядываясь в сигналы. Электронные устройства все время повторяют в кабине машиниста показания путевых сигналов. Они же проверяют, не превосходит ли скорость допустимой. Машинист видит величину той соответствующей сигналам скорости, с которой он может двигаться. Кроме того, ему показывается расстояние, остающееся до контрольной точки, где поезд должен остановиться или двигаться со сниженной скоростью. Вся линия разбита — на блок-участки, каждый примерно по 3000 *м.* Сигнал о скорости, с какой надо пройти впереди лежащий участок, появляется в виде световой надписи в кабине. Всего существует шесть градаций скорости: 210; 160; 110; 70; 30 и 0 *км/ч.* Если же машинист не реагирует на сигнал, автоматически или включаются тормоза или изменяется скорость.

Для передачи информации, обеспечивающей непрерывный контроль за движением поездов на Новой Токайдо, используются рельсы. В ФРГ для этой цели применяются линейные проводники — однополярные кабели с медной жилой, которые укладывают на полку рельса с внутренней стороны. В проводники подается переменный ток высокой частоты, создающий между рельсами электромагнитное поле. Через, каждые 100 *м* проводники обоих рельс одной колеи соединяются. Из-за изменения фазы точки скрещивания становятся нулевыми точками, уровень приема падает, и положение локомотива всегда можно определить, подсчитав количество нулевых точек.

Импульсы, идущие по проводнику, передаются на приемную катушку локомотива, а оттуда — на индикаторный прибор. За 5 *км* до сигнала машинист, ведущий поезд на линии Мюнхен — Аугсбург со скоростью 200 *км/ч,* знает, что он должен начать торможение.

Код передачи представляет собой комбинации из двух частот; импульсы непрерывно передаются со скоростью 1 *м/сек.*

Такого рода система обладает неограниченной емкостью информации на локомотив можно передавать любые сведения: о скорости, уклонах пути и т. д. В свою очередь, и от локомотива может поступать полная информация, определяющая его местоположение.

А что же дальше? В каком направлении работают инженеры, занимающиеся автоматикой на железных дорогах? Таких направлений несколько.

Автоматическую систему для отечественного скоростного поезда ЭР-200 разработал Ленинградский проектный институт «Гипротрансигналсвязь». Она обеспечит выполнение графика с точностью до 30 *сек,* а скорость будет поддерживаться с точностью до ± 5 *км/ч.*

Японские специалисты хотят использовать на сверхскоростных магистралях радиолокатор. Вдоль обоих рельсов укладывают волноводы: один, соединенный с передатчиком, другой — с приемником. По первому волноводу передаются высокочастотные импульсы, которые направляются в сторону второго. Если пространство между ними свободно, сигнал поступает в приемник нормально. Если между ними преграда, волны задерживаются и к приемнику не попадают. Эксперименты показали хорошие результаты.

Интересно также подумать о том, какова будет роль машиниста и как повлияет на развитие этой профессии увеличение сети скоростных дорог. С одной стороны доверять такое сверхсерьезное дело, как вождение скоростных поездов, можно только сверхквалифицированному, очень хорошо подготовленному человеку. С другой стороны, дело все-таки настолько сложное, что никакой квалификации может не хватить. Это противоречие одно из многих, которые встают при обдумывании перспектив скоростного движения. Вероятно, в конце концов, от машиниста придется отказаться. Но пока он есть, конструкторы устанавливают на локомотивах разные приборы, с помощью которых машинист постоянно подтверждает, что он находится в бодром состоянии.

Один такой прибор имеет педаль, на которую машинист нажимает ногой. Педаль может занимать три положения — верхнее, нижнее и среднее. Именно это последнее и свидетельствует о том, что все в порядке. Через каждые 60 *сек* педаль поднимается вверх, и если машинист не опустит ее в среднее положение, через 5–6 *сек* автоматически включаются тормоза. Если с машинистом что-то произошло, скажем, он упал, и под тяжестью его тела педаль опустилась в нижнее положение, происходит то же самое — раздается громкий звук, и через те же

5–6 *сек* включаются тормоза. Эта конструкция испытывалась на европейских дорогах.

Американцы для решения подобной задачи вмонтировали в виденье машиниста антенну, представляющая собой медную рамку. Перевод рукояток и нажатие сигналов меняют выходную мощность системы. Если машинист вдруг становится неподвижным, через 20 *сек* включаются звуковой и световой сигналы. Если машинист не реагирует и на это, еще через 10 *сек* приводятся в действие экстренные тормоза. Эти приборы не специфичны исключительно для скоростных поездов, но именно здесь они как нельзя более кстати.

А как обстоят дела с другим направлением, представители которого работают над движением без машиниста?

Подобные работы были начаты в нашей стране во второй половине 50-х годов. В 1956 г. была разработана первая в мире модель автомашиниста для электропоезда железных дорог. Затем создается система автоматического управления для поездов московского метрополитена, состоящая из трех основных элементов: малогабаритной электронно-вычислительной машины с комплексом датчиков, специальной автоблокировки и локомотивной сигнализации. В настоящее время на московском метро эксплуатируется шесть поездов с автомашинистами.

В 1967 г. на опытном участке вблизи Сан-Франциска испытывалась автоматическая система управления поездами, движущимися со скоростью до 128 *км/ч.* Стодвадцатикилометровая сеть с автоматическим управлением поездами рассчитывается на перевозку 60 тыс. пассажиров в час. Систему автоматического управления движением разрабатывало несколько конкурирующих фирм. «Дженерал электрик» предложила непрерывно действующее радиолокационное устройство. Передатчик с поезда посылает сигнал в линию, состоящую из двух алюминиевых полос. Если впереди есть поезд, сигнал отражается от него и возвращается назад. Возвратившийся сигнал пропорционален расстоянию между поездами. Он подается в регулятор скорости и интервала, и поезд может замедлить ход до полной остановки.

По системе фирмы «Вестингауз» на моторном вагоне стоят датчики, устанавливающие режим движения поезда. Связь между ними и вычислительными машинами осуществляется с помощью проволочного контура, уложенного между рельсами. Генераторы на головном и хвостовом вагонах питают индуктивные катушки, и в контуре наводятся сигналы. Они поступают в управляющее устройство, которое рассчитывает скорость поезда, сравнивает ее с допустимой, определяет расстояние до впереди идущего поезда

или до остановки и передает в систему управления поезда команды увеличить или уменьшить скорость.

Как видим, работы ведутся в самых разных направлениях. Общий их смысл в том, что кибернетика становится неотделимой спутницей железных дорог. Это не удивительно. Ведь если самолет может передвигаться в трех измерениях, автомобиль в двух, то поезд — только в одном. А это значительно упрощает все работы, связанные с программированием движения.

Воздух — враг и союзник

Высокие скорости требуют не только мощных локомотивов, но и совершенно особого технического оснащения путевого хозяйства и подвижного состава. И помимо таких, чисто конструкторских вопросов, встал еще один, казалось бы, до сих пор являвшийся привилегией авиаторов и не очень смущавший инженеров наземного транспорта.

Два поезда мчались навстречу друг другу. Все ближе, ближе, вот поравнялись. И в этот момент машинист одного из электровозов ЧС2 вдруг услышал глухой удар над крышей. Оказалось, что встречным потоком воздуха подняло передний нерабочий пантограф, который ударился о фиксатор контактного провода и сломался. Этот случай произошел на Октябрьской железной дороге летом 1965 г. Инженеры могут рассказать о множестве подобных происшествий. При относительных скоростях встречных поездов, приближающихся к 300 *км/ч,* воздушная волна выдавливает оконные стекла. И это не удивительно. Когда оба состава движутся со скоростями 160 *км/ч,* давление воздуха на стены и окна составляет 2 *кГ/см*^{2}. Поезд, весящий 300 *т* и движущийся со скоростью 200 *км/ч,* испытывает воздушное сопротивление силой в 6–8 *т.* Что уж тут говорить об отдельном человеке, попавшем в этот мощный воздушный поток. Известно, что подходить близко к работающим реактивным двигателям самолета не стоит. Точно таких же предосторожностей требует и быстро идущий поезд. Если скорость его равна 250 *км/ч,* то человек, стоящий на расстоянии 1 *м* от стенки вагона, почувствует «прикосновение» воздушной струи силой в 50 *кГ.* Не поздоровится от такого «прикосновения». Даже на расстоянии 2,5 *м* от стенки сила воздушного удара составит 6 *кГ,* что, в общем тоже немало.

Как несовершенны были старинные паровозы с точки зрения аэродинамики! Сколько угловатых, прямоугольных выступающих за линии общего контура частей! Это объясняется просто: при скорости 30 *км/ч* воздушное сопротивление по отношению к общему составляет всего 5 %, и потому не было нужды работать над обтекаемостью паровозов. Увеличьте скорость до 1100 *км/ч,* сопротивление вырастет до 35 %. А при скорости 1230 *км/ч* 70 % всей потребляемой мощности поезд затрачивает на то, чтобы разрывать возникающую перед ним воздушную стену.

Инженеры-железнодорожники встали перед той же проблемой, которая постоянно волнует авиаторов. Но на земле она оказалась в чем-то посложнее. В самом деле, поезд под один

фюзеляж не спрячешь, форму капли ему не придашь. Он всегда будет состоять из вагонов, а следовательно, и промежутков между ними. Отсюда лишние завихрения. Те «собачьи ящики» под вагонами, в которых путешествовали беспризорники, для поезда больших скоростей недопустимы, как недопустимы вообще любые выступающие агрегаты.

Для скоростных и сверхскоростных поездов важно выяснить, как зависит аэродинамическое сопротивление от скорости и направления ветра, строения пути, как распределяются силы воздушного сопротивления по поверхности состава, на какие элементы приходится наибольшая их часть. При скорости 160 *км/ч* разница между лобовым давлением и давлением в хвосте составляет 95 *кГ/см²*. А это значит, что вдоль состава проходят зоны разного давления. При скорости 250 *км/ч* не будет разрешено открывать окна. Следовательно, надо знать, как распределяются эти зоны, чтобы правильно спроектировать вентиляцию, кондиционирование воздуха, выхлопные устройства тепловозных дизелей.

Все это элементы чисто конструкторские. Но ведь существуют еще требования эксплуатационников, которые хотят, чтобы все узлы и агрегаты работали надежно и их было бы легко обслуживать. Затем поезд должен удовлетворять всем требованиям технической эстетики. И, наконец, технологи, как всегда, хотят, чтобы все детали легко было сделать, а агрегаты собрать. Короче говоря, инженеры-железнодорожники столкнулись с проблемами, никогда доселе перед ними не стоявшими. Зато этими же вопросами много лет подряд занимаются авиационники. Пришлось обратиться к их опыту, их оборудованию и… моделям. В аэродинамической трубе расположили модели, каждая из которых имитировала форму лобовой части одного из составов.

Существуют методы испытаний будущих машин с помощью моделей, где соответствие форм модели и прототипа вовсе не обязательно. Здесь было совсем не так. Выявлялась форма будущего поезда, и поэтому модель ее полностью повторяла. Это был, по существу, гипсовый макет, причем не только будущих, но — и существующих поездов. Быть может, уже найденные формы можно будет оставить? Множество научных организаций нашей страны принимало участие в этих экспериментах: Всесоюзный научно-исследовательский институт вагоностроения, Рижский и Калининский вагоностроительные заводы, Институт подшипниковой промышленности, Институт механики МГУ и др.

И вот маленькая модель заключена в трубу, где дует ураганный ветер. Но он нисколько не больше того, с которым

придется бороться сверхскоростному поезду. Ураган, срывающий крыши с домов, имеет скорость 30 *м/сек*, поезду же придется преодолевать 60–75 *м/сек.* Одна модель, другая, третья… Сразу ясно, что формы многих ныне существующих электропоездов не годятся: слишком сильно лобовое сопротивление. Самыми лучшими оказались формы, предложенные МГУ и Рижским вагоностроительным заводом. Опыт и расчеты помогли установить очень важные закономерности. Поезд всего — из одного вагона с самыми лучшими из ныне существующих форм для того, чтобы двигаться со скоростью *250 км/ч,* должен иметь двигатель мощностью 1150 *л. с.* А те формы, которые «рекомендовала» аэродинамическая труба, позволяют снизить эту мощность до 800 *л. с.* Правда, для поезда длиной в несколько вагонов экономия уменьшится, но, конечно, не исчезнет совсем.

Разумеется, уменьшение экономии с увеличением длины поезда явление не случайное. Самолет весь, как сорвавшаяся капля. С поездом то же самое сделать трудно. Его даже в аэродинамическую трубу трудно поместить. Но отдельные части можно. И вот вслед за моделями передней части локомотивов настала очередь моделей вагонов, и с полностью закрытым подвагонным пространством и с закрытым лишь частично. Три модели каждого типа образовали «поезд». Что же показали испытания? Если хоть частично закрыть подвагонное пространство, то при скорости 200 *км/ч* трехвагонный поезд потребует на 150 *л. с.* меньше, чем это нужно для движения такого же поезда, где внизу ураганный ветер цепляется за каждый выступ. А если днище вагона сделать таким же гладким, как низ самолета, то экономия мощности возрастет до 400 *л. с.* При этом, правда, ухудшится доступ к некоторым узлам. Что ж, придется разрабатывать новые методы проверки и осмотра, да и эксплуатации вообще.

Вихри под полом вагона «съедают» большую часть мощности локомотивных двигателей. Но свою долю «требуют» и те вихри, которые возникают в пространстве между вагонами. Встаньте на переходе из вагона в вагон в обычном поезде. Вы увидите торцы вагонов, лестницы, ведущие на крыши, и проносящиеся пейзажи. Поезду из десяти вагонов, идущему со скоростью 200 *км/ч,* эти картины обойдутся в лишних 500 *л. с.* Чтобы этого не было, придется полностью закрыть интервалы между вагонами или, на худой конец, уменьшить их, чтобы негде было разгуляться ветру. Вообще поезд, мчащийся с той скоростью, с какой совсем недавно летал самолет (например, послевоенный ЯК-18 делал в час около 250 *км*), должен быть гладок, как птица.

Высокая скорость опрокидывает все привычные

представления и взгляды. Ну что такое, казалось бы, вагонный поручень? А между тем эти в общем-то необходимые детали увеличивают требуемую мощность на 20 *л. с.* Смотровые мостки, проложенные по крыше вагона, — на 28 *л. с*. И таких «мелочей» набирается очень много.

Проблема создания сверхскоростного поезда является одной из сложнейших, какие стояли когда-либо перед инженерами железнодорожного транспорта. Свой собственный опыт придется коренным образом пересмотреть, привлечь на помощь опыт инженеров других отраслей промышленности, в первую очередь, авиации. Технические средства, рождающиеся на стыке разных отраслей промышленности, приводят к поразительным достижениям. Сверхскоростной поезд — одно из них.

Законы аэродинамики выступают как будто в роли врагов сверхскоростного поезда. Но нет худа без добра. Воздушное сопротивление препятствует движению поезда — но оно же может оказаться и полезным. Колоссальное давление воздуха на стенки поезда приведет к тому, что он будет меньше колебаться в поперечном направлении. Уменьшится виляние. Воздух превратится как бы в плотную оболочку, гасящую колебания, прижимающую поезд к рельсам. Тут может возникнуть новая отрасль науки — аэродинамика скоростных поездов. Так технические проблемы приводят к возникновению научных дисциплин, а те, в свою очередь, способствуют развитию техники.

Путь надо готовить

Если отдельные паровозы-рекордсмены могли в старину двигаться со сверхвысокими скоростями, то путь на подобную резвость никак не был рассчитан. Вот поэтому-то сейчас при обдумывании проблем скоростного движения инженеры обращают внимание на подготовку пути не меньшее (если не большее), чем на конструкцию подвижного состава. Прежде всего речь идет об улучшении плана трассы. Эта работа заключается в увеличении радиусов кривых и спрямлении отдельных участков. Важность ее легко понять из таких цифр: в нашей стране на каждые 100 *км* сети приходится в среднем 8-16 участков для грузовых и 20–40 участков для пассажирских поездов, где из-за кривых приходится снижать скорость. При радиусе 600 *м* скорость не может быть больше 115 *км/ч,* при радиусе 800 *м* — больше 130 *км/ч.* Вот поэтому улучшение трассы в плане сыграет очень большую роль при подготовке к сверхскоростному движению. Американцы подсчитали: если можно выиграть минуту в пути, затратив от 46 тыс. до 115 тыс. долларов, на эти расходы целесообразно идти. Поэтому при спрямлении дорог они прибегают к очень большим капитальным работам, вплоть до постройки тоннелей, виадуков, изменения русел рек.

Чем больше скорость движения, тем больше действующие на путь силы. Вот почему при подготовке к сверхскоростному движению стараются усилить путь, применяя более тяжелые рельсы. С повышением веса рельс — возрастает их несущая способность, срок службы, стабильность пути. На линиях, где поезда ходят со скоростью 120 *км/ч* и выше, применяют рельсы, весящие не менее 50 *кг/пог. м.* В США, где скоростные поезда ведут тепловозы с осевой нагрузкой 25 *т,* применяются рельсы весом 60–65 *кг/пог. м.* На наших дорогах при скоростях от 101 до 120 *км/ч* укладывают рельсы типа Р50 и при скоростях более 120 *км/ч* — рельсы типа Р65.

Чем больше неровностей на рельсах, тем меньше комфорт для пассажиров. Удары и толчки неизбежны на стыках рельс, поэтому инженеры стараются на скоростных линиях укладывать длинные сварные рельсовые плети. Бесстыковой путь получает очень большое распространение. И дело не только в сокращении количества рельсовых стыков. Сама колея становится более стабильной в плане и профиле.

Какие только профили рельсов ни применялись в те далекие времена, когда появились железные дороги! После многих опытов наш современный профиль рельса — с подошвой, шейкой и

головкой — был признан наилучшим. Не изменился он и с появлением высокоскоростных поездов, только чуть-чуть модернизировался. На линии Новая Токайдо головка сопрягается с шейкой по кривой большего радиуса, чем обычно. Точно так же новые рельсы, которые появляются в Западной Европе, имеют более пологие сопряжения шейки с головкой и подошвой. Все это уменьшает опасную концентрацию напряжений.

Во времена первых железных дорог никто не мог поверить, что деревянные шпалы способны выдерживать ту громадную нагрузку, которую создает движущийся поезд. Под рельсы сперва подкладывали камни, которые даже не соединяли колею, потом додумались до каменных шпал, укладка которых стоила чрезвычайно дорого, наконец, пришла очередь деревянных. Интересно, что не с изобретением паровоза и не с подбором профиля рельс, а с появлением деревянной шпалы железнодорожный транспорт сделал большой рывок. Ведь строительство дорог после этого резко подешевело. С появлением скоростных поездов деревянная шпала не изменила своей конструкции. Изменилось число их на километр пути. Специалисты считают, что увеличение этого числа, особенно на кривых, усиливает путь, следовательно, является одной из мер при подготовке к скоростному движению. На дорогах с тяжелыми рельсами укладывают 1840–2000 шпал на километр.

Если вместо деревянных применяют железобетонные шпалы, получающие в последнее время все больше распространение, путь становится более жестким. Зато движение — более плавным. В связи с повышенной жесткостью пути с железобетонными шпалами между рельсом и шпалой на линии Новая Токайдо уложены резиновые прокладки. В систему соединения рельс — шпала должны входить и другие упругие элементы, снижающие жесткость основания. Для этой цели применяются упругие сопряжения. Вот один из вариантов на линии Новая Токайдо (рис. 5).

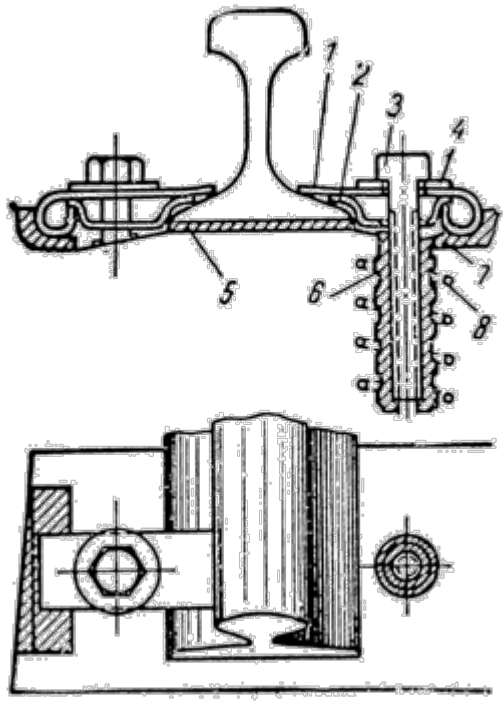

Рис. 5. Узел крепления рельса со шпалой на дороге Новая Токайдо: *1* — пружинная клемма; *2* — поперечная (боковая) пружинная клемма; *3* — болт; *4* — шайба; 5 — упругая резиновая прокладка; *6* — втулка; 7 — пластичная упругая подушка — башмак; *8* — спираль из проволоки.

Втулка *6* из полиэфирной смолы, вделанная в железобетонную шпалу, имеет внутри резьбу. В эту резьбу ввинчивается болт *3*,который прижимает к подошве рельса пружинные клеммы *1* и 2 с силой до 500 *кГ*. Такие пружинные клеммы дают возможность регулировать положение рельса относительно шпалы и увеличивают стабильность пути Между подошвой рельса и шпалой установлена резиновая прокладка *5*. Вообще промежуточные скрепления скоростных линий должны обеспечивать упругую связь рельсов со шпалами и в то же время надежно сопротивляться боковым силам.

Очень важное значение для нормального движения на скоростных дорогах имеет работа балластного слоя. От профиля балластной призмы, степени уплотнения слоя и качества материала зависит устойчивость пути. Балластом обычно служит щебень из твердых горных пород. При подготовке дорог к скоростному движению увеличивают толщину балластного слоя, иначе будут возникать деформации основной площадки земляного полотна. Увеличивают плечо — расстояние от торца шпалы до балластной бровки. Уменьшают, наконец, крутизну откоса балластной призмы, так как из-за вибраций на высоких

скоростях при крутом откосе щебеночный слой быстрее теряет свою плотность.

При движении по стрелкам даже с обычной скоростью чувствуются толчки. На больших же скоростях подобные неприятные явления должны стать еще заметнее. Данная проблема тоже очень серьезная. Задача конструкторов в этом вопросе — повысить плавность движения, чтобы свести к минимуму силу и частоту ударов колес об элементы стрелочного перевода. Правда, когда поезд идет в прямом направлении, ограничений скорости нет. Японские экспрессы проходят на прямую стрелки со скоростью 210 *км/ч.* Но — вот когда нужно переходить на боковой путь, приходится либо снижать скорость, либо применять особые конструкции. На Новой Токайдо скорость хода по стрелкам приемно-отправочных путей равняется 70 *км/ч.* Сейчас все большее применение находят стрелки с большим радиусом переводной кривой. Во Франции, например, есть стрелки с радиусом переводной кривой, равным 1300 *м.* Это позволяет переходить на боковой путь поезду, движущемуся со скоростью 100 *км/ч.* А если работает стрелка с радиусом 3000 *м*, то величина скорости увеличивается до 140 *км/ч.* Рельсы французских стрелок отличаются от обычных более широкой и толстой подошвой. Когда поезд движется по стрелке, возникают поперечные усилия, и более массивная подошва должна им противостоять.

Очень важно сохранять плавность движения при переходе через крестовину. Японцы для этой цели применили подвижную часть сердечника крестовины.

Несколько необычных проектов

Как бы ни улучшали мы железную дорогу, какие бы новые элементы ни вводили в конструкцию подвижного состава или пути, нам никуда не деться от принципиальной основы этого вида транспорта — движения колес с внутренними гребнями по рельсам. Все изменилось за те полтораста лет, что существует железная дорога: и тип локомотива, и мощность его, и конструкция сцепок, тормозов, вагонов. А особенно в последние годы при переходе к высоким скоростям. И только основной принцип движения остается неизменным. Это и хорошо, и плохо. Хорошо, потому что добротно, привычно, надежно, отработано за десятилетия, наконец, в силу чрезвычайной распространенности. И ни один другой вид транспорта так не способствует развитию каких-нибудь глухих областей. Самолет может не вылететь из-за плохой погоды, автомобиль — застрять. Да и много ли они возьмут груза! Но если проложить рельсы, ничто не помешает поезду прийти. Плох же этот вид транспорта потому, что удачное конструктивное решение XVIII века — рельсы и колеса с гребенками — имеет принципиальные недостатки, которые ставят предел повышению скоростей. 250–300 *км/ч* — это ведь с точки зрения технически достижимых современных скоростей совсем немного. Но выше этого железнодорожный транспорт подняться не сможет. Зазоры между головками рельсов и гребнями колес заставляют оси все время вилять в поперечном направлении. От этого разрушается путь и подвижной состав. Жесткая нагрузка стальных колес на рельсы приводит к ударам и в конечном счете износу того и другого. О том, как стараются избавиться и от виляния и от ударов было написано в предыдущих главах. Но ведь есть же предел конструктивным усовершенствованиям. Паровоз улучшали 150 лет, потом оказалось, что лучше его сделать невозможно, а он все равно плох. Дорога, где стальные колеса должны постоянно контактировать с рельсами, позволит довести скорость до величины около 300 *км/ч.* Дальше — все. И тут начинаются поиски новых принципов движения. В первую очередь речь идет о воздушной подушке. Но по этому поводу писалось уже так много, что добавить, пожалуй, нечего. Разве только то, что в конце 1967 г. во Франции вагон на воздушной подушке развил скорость 345 *км/ч.* Если учесть, что мировой рекорд скорости электропоезда на рельсах равен 331 *км/ч*, то ясно, что движение, основанное на принципе воздушной подушки, может осуществляться с большими скоростями. Этот вагон, двигавшийся по бетонному рельсу, который имеет форму

перевернутой буквы Т, является всего лишь моделью. А настоящий вагон намечено испытать летом 1969 г. По двадцатикилометровой магистрали он будет мчаться со скоростью 400 *км/ч*. Но воздушная подушка это не новость, поговорим о проектах менее известных, но более любопытных да к тому же, быть может, и более практичных. Если скоростную дорогу требуется проложить через населенный район, то принцип воздушной подушки отпадает сразу. Нужно такое транспортное средство, при использовании которого не было бы шума, пыли, а скорость создавалась высокая. Средством подобного рода может явиться линейный двигатель.

Название его родилось по контрасту. В обычных электродвигателях две основные части — ротор и статор круглые. У статора на сердечнике из стальных пластин помещены обмотки, связанные с источником переменного тока. Они создают магнитное поле. Внутри статора с небольшим воздушным зазором по диаметру размещен ротор — магнитный сердечник с неизолированными закороченными между собой обмотками. Ток, который в них индуктируется, взаимодействует с магнитным полем, и от этого ротор вращается. Представим себе теперь, что мы разрезали и ротор, и статор, обе обмотки вытянули в линию, а одну из них еще и удлинили, допустим, от Москвы до Ленинграда. Получится так, как показано на рис. 6.

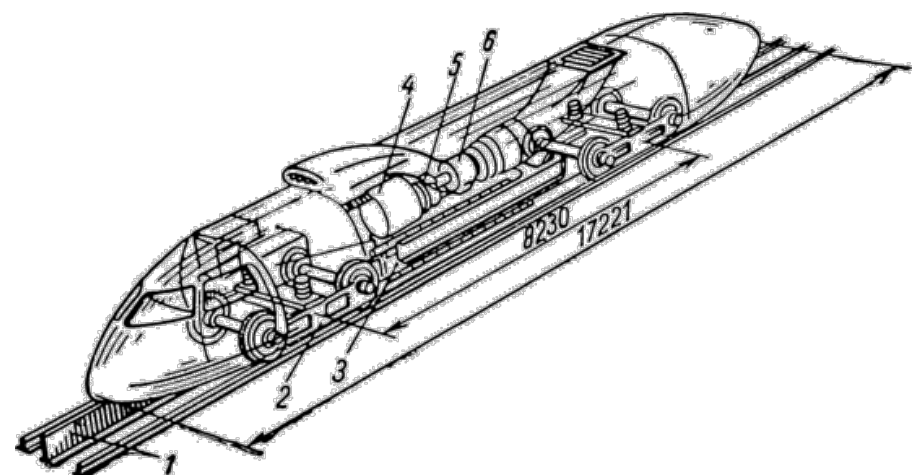

Рис. 6. Вагон с линейным двигателем: *1* — реактивный рельс; *2* — группа тележки (колеса диаметром 965 *мм*);*3* — линейный асинхронный двигатель; *4* — генератор переменного тока; *5* — редуктор; *6* — газовая турбина.

Первичная обмотка (статора) вытянута и закреплена неподвижно. При подаче к ней переменного тока будет наведен ток и во вторичной обмотке. Между тем возникает сила тяги, и плоский ротор двинется вдоль плоского статора. А можно и

наоборот — статор вдоль ротора. Принцип линейного двигателя известен давно. Его предлагал еще в конце прошлого века известный русский изобретатель Доливо-Добровольский. Но широкая работа над его применением началась только в последние годы. Как бы ни было хорошо техническое средство, если в нем нет массовой потребности, за пределы лабораторий ему не выйти. Потребность в скоростном наземном транспорте, ограниченность обычных железных дорог в смысле повышения скоростей — все это распахнуло перед линейным двигателем двери лабораторий. В чем же его преимущества? Их много.

Для того, чтобы возникло тяговое усилие, вовсе не обязательно иметь поверхность контакта между подвижным составом и дорогой. Поэтому экипаж с таким двигателем можно использовать для любого подвешивания, в том числе и на воздушной подушке.

Когда ротор вращается внутри статора, скорость его вращения ограничена, иначе он разорвется под действием центробежных сил. В линейном двигателе движение поступательное, поэтому скорость может быть достаточно большой. Это достоинство особенно ценно для скоростного транспорта.

Нет поверхностей контакта и внутри самого двигателя; стало быть нет изнашивающихся деталей вроде втулок, шестерен и тому подобное.

Двигатель бесшумен, не создает воздушного потока — значит, пыль не будет лететь в окна. К тому же он работает без вибраций.

Движущийся вагон весит сравнительно немного. Поэтому возможны высокие ускорения и резкие ступени передач. Это очень важно для городского и пригородного транспорта.

К достоинствам линейного двигателя относится и ненапряженный температурный режим его работы. Вагон-статор скользит вдоль шины-ротора, и участки шины, где происходит взаимодействие, не успевают нагреваться. Нагревается только статор, а ротор его даже охлаждает.

Экипажу с линейным двигателем очень легко осуществлять электрическое торможение, а рекуперируемую энергию возвращать в сеть.

Достоинств очень много. Но есть и недостатки.

Между движущимся и неподвижным элементами конструкции необходимо иметь зазор больший, чем в обычном асинхронном двигателе, что трудно, так как сила притяжения между ними в 3-10 раз превышает силу тяги. Этим объясняется отчасти сравнительно низкий к. п. д. линейного двигателя (0,88 с

алюминиевым ротором и 0,70 со стальным против 0,92 у обычного тягового электродвигателя постоянного тока).

Длинный элемент, вытянутый вдоль дороги большого протяжения, вещь очень не дешевая. Размеры двигателя определяются тяговым усилием, поэтому небольшой двигатель на малых скоростях не может развить большого тягового усилия.

Достоинств тем не менее значительно больше, чем недостатков. Поэтому в нашей стране, в Англии и в США проводятся исследования линейных двигателей в качестве источника энергии для высокоскоростного наземного транспорта.

Опытные экземпляры двухобмоточного, трехскоростного линейного двигателя сделаны на Киевском заводе электротранспорта имени Ф. Э. Дзержинского. Используя одну обмотку, можно получить максимальную скорость, используя вторую — 2/3 и 1/3 максимальной скорости при разгоне, торможении, прохождении кривых малых радиусов и стрелок. Статор (пакет из листовой электротехнической стали) отделяет от ротора (ферромагнитного рельса) воздушный зазор в 3–4 *мм*. Рельс (полоса из конструкционной стали прямоугольного сечения) закреплен на несущей балке. Опытный вагон оснащен четырьмя скоростными двигателями, имеющими гибкое соединение с ходовой тележкой. Каждый двигатель состоит из двух статоров, расположенных по обе стороны рельса и связанных между собой общей тележкой.

В работе над линейным двигателем, кроме заводских инженеров, принимают участие сотрудники кафедры электрических машин и кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок Киевского политехнического института. Правда, они предназначают линейный двигатель для монорельсовой дороги. Но это не имеет принципиального значения.

Сейчас в США уже началась постройка линейного двигателя мощностью 2500 *л. с.*, который должен развивать скорость до 400 *км/ч*. Сила его тяги должна быть равна 1700 *кГ*. Рельс для двигателя алюминиевый, толщиной 6,3 *мм*. Воздушный зазор 15,9 *мм* на каждую сторону. Экспериментальный вагон с этим двигателем (см. рис. 6) должен перемещаться по обычной рельсовой колее, а алюминиевая полоса будет размещаться между рельсами. Быть может, лучше было бы использовать воздушную подушку, но инженеры пришли к выводу, что слишком сложно делать конструкцию, основанную сразу на двух новых технических принципах. Лучше уж разрабатывать ее поэтапно. Тележки спроектированы так, что ни одна деталь ниже осей — не выступает. Это позволило поднять алюминиевую

полосу на 406 *мм* выше головок рельс. Линейный двигатель, размещенный в средней части вагона, охватывает полосу с обеих сторон.

Газотурбинный двигатель мощностью 3000 *л. с.* через одноступенчатый понижающий редуктор приводит в действие генератор переменного тока мощностью 2000 *квт.* Скорость вращения валов турбины и генератора почти прямо пропорциональна скорости движения экипажа (если б не было скольжения, пропорция была бы абсолютной). Скорость регулируется изменением частоты переменного тока.

Второй газотурбинный двигатель мощностью 200 *л. с.* нужен для питания системы возбуждения генератора, подачи охлаждающего воздуха, зарядки батарей и запуска главного газотурбинного двигателя.

Линейный двигатель испытывается и в Англии. Англичане подсчитали, что электровоз с таким двигателем будет стоить на 60 % меньше обычного. Увеличится расход электроэнергии, но зато на ту же примерно сумму снизятся ремонтно-эксплуатационные расходы. Дорого будет стоить прокладка шины, но не дороже, однако, стоимости работ по обычной электрификации. В другом проекте англичане ушли уже от обычных колес. Они работают над поездом на магнитной подушке. Керамические магниты (90 % окиси железа и других окислов) имеют подъемную силу, примерно в 50 раз большую, чем у обычных стальных магнитов. Сила взаимного отталкивания магнитов, прикрепленных к нижней части вагона и уложенных на полотно железной дороги, поднимет вагон, весящий 5 *т* с 50 пассажирами, на 25 *мм* над поверхностью земли. Форма вагона — цилиндр длиной 15,24 *м* и диаметром 2,74 *м.* Вот уж в такой конструкции не должно быть ни вращающихся, ни трущихся частей, а в работе — полная бесшумность, надежность, отсутствие толчков. Правда, феррит стоит дорого, а потребуется его 200 *т* на километр пути.

Конструкция поезда на магнитной подушке разработана и в США. Вдоль дороги по проекту должны быть проложены две линии индукционных катушек. В днище вагона — тоже катушки с чередующейся полярностью. Сначала вагон начинает двигаться по бетонной дороге на колесиках с резиновыми шинами. При этом в путевых катушках индуктируется ток, создается сила магнитного отталкивания, и вагон поднимается на 300 *мм* над дорогой. Все мощнее работает турбореактивный двигатель, быстрее вращается пропеллер. При скорости движения 480 *км/ч* вагон весом 30 *т* поднимается на 300 *мм* над дорогой. Для создания подъемной силы требуется, чтобы в вагонных катушках проходил ток в

300 тыс. *а.* Можно себе представить, какие будут потери на нагревание, если применить катушку обычной конструкции. Решено было использовать сверхпроводники. Сверхпроводимость — полное отсутствие сопротивления току и, следовательно, тепловых потерь — возникает в проводниках, охлажденных до температуры, близкой к абсолютному нулю (—273 °С).

Катушки под днищем вагона выполнены из ниобиево-титановой проволоки. До температуры минус 260 °С ее охлаждает жидкий гелий, находящийся в середине сверхпроводникового кабеля. Он изолируется слоями стекловолокна и алюминиевой фольги в вакууме. Источник электрической энергии мощностью 200 л. *с.* и двигатель для пропеллера в 1200 л. *с.* — вот силовые установки вагона, рассчитанные на перевозку 100 человек со скоростью до 480 *км/ч.*

Транспортники, вероятно, смогут гордиться, если первое промышленное использование сверхпроводимости будет принадлежать им. Есть, однако, и другие, не менее любопытные, проекты.

Трубопроводом ныне никого не удивишь. Не только жидкие, но и твердые тела отлично перемещаются по многокилометровым подземным артериям. Но чтобы по трубам перемещались люди — этого еще не было. Однако именно такого рода проект разработан недавно американскими инженерами все для той же северо-восточной прибрежной полосы США. Но чтобы успешно конкурировать с авиацией, поезда на ровном пути должны иметь среднюю скорость не менее 320 *км/ч,* а на иных участках развивать и 640 *км/ч.* По поверхности земли ездить с такой быстротой невозможно, если не предохранить трассу от посторонних предметов и обледенения. Но тогда лучше уж заключить весь путь в трубу. Однако суть проекта совсем не в том, чтобы проложить еще одну трассу метрополитена, быть может, несколько более длинную, чем обычно. Для создания тягового усилия инженеры предлагают использовать давно известный принцип. Если обеспечить герметичность между стенками поезда и стенками трубы, а перед поездом создать разрежение, то давление воздуха позади него заставит поезд двигаться. Если перед поездом будет абсолютный вакуум, то атмосферное давление сзади него создаст тяговое усилие, равное приблизительно 63 *т.* Поезд начнет двигаться, через клапаны, расположенные по всей длине трубопровода, будет накачиваться воздух позади поезда, и скорость его будет все более увеличиваться до тех пор, пока пассажиры безболезненно смогут выдерживать ускорение. Поезд, похожий на шарик, который так легко выдуть из трубки, кажется фантазией. Но многочисленные

модели подобной установки показали полную ее осуществимость.

Полный снаряд весом 228 *т* и диаметром 152 *мм* разгонялся в трубе длиной всего 30,5 *м* до скорости 1207 *км/ч.* Даже пассажирские реактивные самолеты не летают так быстро! Пассажирский вагон по проекту должен представлять собой цилиндр длиной 19,8 *м* и внутренним диаметром 2,9 *м.* Он сможет вместить 64 пассажира. Вагон движется на стальных колесах по рельсам. Поезд состоит из нескольких вагонов. Головной и хвостовой имеют специальные торцы, плотно прилегающие к стенкам трубы, и питающиеся от аккумуляторных батарей тихоходные электродвигатели для передвижения по станции.

Самое трудное технически — добиться надежного и постоянного уплотнения между торцом вагона и трубой. Исследования показали, что это вполне возможно — и потери энергии из-за просачивания воздуха невелики. Трубы предполагается устанавливать в лотках с водой для того, чтобы весь путь был горизонтальным. Транспортные сооружения такого рода предлагается построить сейчас и в больших городах.

А где же предел?

Строительство скоростных железных дорог требует огромных затрат. Но оправдано ли это? До каких пределов можно вообще повышать скорость подвижного состава на рельсовом пути. Железные дороги строятся на десятки лет, и правильная перспектива здесь очень важна. Сейчас мы говорим о реальных 200–250 *км/ч,* но на существующих дорогах такую скорость развить трудно. Предположим, мы построим для скоростного движения специальные дороги. А завтра нам потребуются еще большие скорости. Можно ли будет двигаться по этим дорогам еще быстрее? Японский научно исследовательский институт железнодорожного транспорта занялся проблемой максимальных скоростей. Оказалось, что пределы их повышения на рельсовых дорогах ограничены шестью факторами.

1. Скоростью распространения волн при движении тела и определенной среде. Поезду никогда не перейти звуковой барьер (1140–1220 *км/ч).*

2. При 1800 *км/ч* рельсы разрушаются из-за деформационных волн.

3. Пантограф также вызывает в контактном проводе деформационные волны, поэтому надежный токосъем обеспечен лишь при скорости до 320 *км/ч.*

4. Надежное сцепление колес с рельсами может быть только при скоростях до 370 *км/ч.*

5. Уже при 230 *км/ч* вибрации вагонов доходят до уровня, при котором у пассажиров возникают неприятные ощущения.

6. Трудно проходить кривые. На линии Новая Токайдо поезд проходит кривую радиусом 2500 *м* со скоростью не выше 200 *км/ч.* К тому же наружный рельс выступает над внутренним на 180 *мм.*

Каков же окончательный итог? Вот данные, которые позволяют судить о пределах максимальных скоростей.

Существующая система с движением по рельсам — до 280 *км/ч.*

С линейным двигателем, но тоже по рельсам — 250–340 *км/ч.*

С линейным двигателем на воздушной подушке — 300–400 *км/ч.*

С турбовинтовым двигателем на воздушной подушке — 300–500 *км/ч.*

С турбореактивным двигателем на воздушной подушке — 500-1000 *км/ч.*

До этих скоростей наземному рельсовому транспорту (если

иметь в виду не отдельные рекорды, а регулярные сообщения) пока еще далеко. Но как знать, может быть, нашим потомкам именно такая быстрота потребуется для самых массовых перевозок.

9 коп. **Индекс 70098**

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

В 1968 г. в серии «Транспорт» вышли следующие брошюры:

1. И. Я. Аксенов. **Кибернетика на транспорте.**
2. А. В. Горинов. **Единая транспортная система СССР.**
3. В. Гавриленко, И. Чудаков. **Знакомьтесь — Аэрофлот.**
4. А. А. Енин. **Электроника в автомобиле.**
5. В. Н. Иванов. **На автомобиле без аварий.**
6. Л. А. Цеханович. **Грузы по воздуху.**
7. Ю. А. Долматовский. **Человек и автомобиль.**
8. Л. А. Гильберт. **Самолет взлетает вертикально.**
9. Е. Д. Резниченко, В. В. Якобс. **Метрополитен.**
10. Л. Л. Лифшиц. **Электромобиль.**
11. Н. Синев, Г. Смирнов. **Транспорт и время.**
12. Р. Е. Яров. **Скоростные поезда.**

О том, что выйдет в 1969 г., вы можете узнать из аннотированных каталогов нашего издательства в отделениях «Союзпечати».

Издательство «Знание»